



TESIS - PM147501

KAJIAN PERCEPATAN PENJADWALAN PEMBANGUNAN LANDING CRAFT UTILITY (LCU) DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

MAULIDYA OCTAVIANI BUSTAMIN
NRP. 9112202407

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
PROGRAM PASCASARJANA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS - PM147501

STUDY ON THE DEVELOPMENT OF SCHEDULING ACCELERATION LANDING CRAFT UTILITY (LCU) WITH MONTE CARLO SIMULATION METHOD

MAULIDYA OCTAVIANI BUSTAMIN
NRP. 9112202407

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.

FACULTY OF MAGISTER MANAGEMENT TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF PROJECT MANAGEMENT
MASTER PROGRAM
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2015

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)

Di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

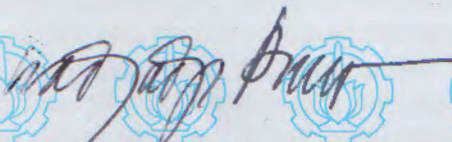
Oleh:

MAULIDYA OCTAVIANI BUSTAMIN
NRP. 9112202407

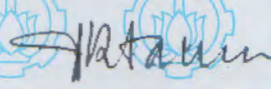
Tanggal Ujian : 10 Juli 2015

Periode Wisuda : September 2015

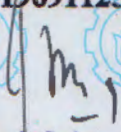
Disetujui oleh :


1. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc.
NIP. 19540113 198010 1 001

(Pembimbing)



2. Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T., Ph.D.
NIP. 19691125 199903 1 001

(Penguji)


3. Ir. Endah Angreni, M.T.
NIP. DE002

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana


Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001

STUDY ON THE DEVELOPMENT OF SCHEDULING ACCELERATION LANDING CRAFT UTILITY (LCU) WITH MONTE CARLO SIMULATION METHOD

Name : Maulidya Octaviani Bustamin
NRP : 9112202407
Field of Study : Project Management - MMT ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc

ABSTRACT

The implementation of the project usually have a time delay implementation for long time enough, so it must also spend much cost. In an employment agreement a ship construction will many things that will be agreed upon with regard to the construction of the vessel one Hull Construction LCU development process.

For the achievement of the development process at a predetermined time and get quality production is expected, then the order of the process of ship building should be determined rationally and be adopted with the production facilities available in the shipyard. The purpose of this thesis is to make probabilistic scheduling that are not necessarily the result of development projects exceeds the estimated time has been planned. Research on probabilistic scheduling in this thesis will be applied to the construction of the ship Landing Craft Utility (LCU).

Stage that would be done, among others, by collecting data project scheduling, determining the relationship between project activities, to estimate the duration of the project activities and conduct simulations using the Monte Carlo Simulation Method.

From the simulation results obtained Landing Craft utility construction workmanship in the Hull Construction, which had accelerated during the 102 days to 99 days with its confidence level of 100%, 94 day rate of conviction of up to 60%, and to accelerate the rate of convictions to 90 days amounted to only 3%. Based on the results obtained during the optimal duration of 94 days with the acceleration of the construction scheduling LCU for 8 days with the addition of labor costs amounted to USD 27.3 million or about 9.8% of the total cost.

Keywords: Landing Craft Utility, Monte Carlo Simulation, Hull Construction, Scheduling Acceleration

KAJIAN PERCEPATAN PENJADWALAN PEMBANGUNAN *LANDING CRAFT UTILITY (LCU)* DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

Nama : Maulidya Octaviani Bustamin
NRP : 9112202407
Bidang Keahlian : Manajemen Proyek - MMT ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, MSc

ABSTRAK

Suatu pelaksanaan konstruksi proyek biasanya mengalami keterlambatan waktu pelaksanaan yang cukup lama sehingga harus pula mengeluarkan biaya lebih. Sesuai dengan perjanjian kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan pembangunan kapal tersebut salah satunya proses pembangunan *Hull Construction LCU*.

Untuk tercapainya proses pembangunan pada waktu yang telah ditentukan dan mendapatkan kualitas produksi yang diharapkan, maka urutan dari proses pembangunan sebuah kapal harus ditentukan secara rasional dan disesuaikan dengan fasilitas produksi yang tersedia di galangan. Tujuan dari penyusunan Tesis ini adalah untuk membuat penjadwalan probabilistik yang sifatnya tidak tentu yang mengakibatkan proyek pembangunan melebihi estimasi waktu yang telah direncanakan. Penelitian mengenai penjadwalan probabilistic pada Tesis ini akan diaplikasikan pada proyek pembangunan kapal *Landing Craft Utility (LCU)*.

Tahap yang akan dilakukan antara lain dengan cara mengumpulkan data penjadwalan proyek, menentukan hubungan antar aktivitas proyek, melakukan estimasi durasi aktivitas proyek serta melakukan simulasi dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Dari hasil simulasi didapatkan pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* pada bagian *Hull Construction*, yang semula selama 102 hari dipercepat menjadi 99 hari dengan tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 3%. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan durasi optimal selama 94 hari dengan percepatan penjadwalan pembangunan kapal LCU selama 8 hari dengan penambahan biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan sebesar Rp 27.300.000,- atau sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya tenaga kerja pembangunan konstruksi badan kapal.

Kata Kunci: *Landing Craft Utility, Monte Carlo Simulation, Hull Construction, Percepatan Penjadwalan*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tesis dengan waktu yang ditentukan dengan baik. Tesis yang penulis buat ini berjudul “Kajian Percepatan Penjadwalan Pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dengan Metode Simulasi Monte Carlo”. Tesis ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi di Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dengan selesainya Tesis ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing atas arahan dan bimbingannya dalam penyusunan Tesis ini.
2. I Putu Artama Wiguna, Ir, MT, PhD dan Ir. Endah Angreni, MT, selaku Dosen Penguji atas saran dan masukannya atas penyempurnaan Tesis ini.
3. Ibu Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc dan seluruh dosen, serta karyawan MMT ITS yang telah banyak membantu dalam berbagai hal selama masa perkuliahan.
4. Drs. H. Bustamin Ahya dan Ny. Suyatin, selaku kedua orang tua saya yang tidak henti-hentinya selalu memberikan dukungan dan doa.
5. Teman-teman kelas Manajemen Proyek serta semua pihak yang belum saya sebutkan.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang manajemen proyek, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 5 Juni 2015

Penulis



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	2
1.5. Batasan Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Landing Craft Utility</i> (LCU).....	5
2.2. Proses Produksi Kapal	6
2.2.1 Tahap Proses Pembangunan Kapal.....	6
2.2.2 Metode pembangunan kapal	8
2.3 Tinjauan Jam Orang.....	10
2.4 <i>Network Planning</i>	12
2.6 Analisis Waktu Pembangunan	15
2.6.1 Penentuan Durasi Aktivitas.....	15
2.6.2 <i>Earliest Event Time</i> dan <i>Latest Event Time</i>	16
2.6.2.1 <i>Earliest Event Time</i> (EET).....	16

2.6.2.2 <i>Latest Event Time</i> (LET)	18
2.6.3 Peristiwa Kritis, Kegiatan Kritis, dan Lintasan Kritis	19
2.6.4 Tenggang Waktu Kegiatan	20
2.6.5 Penentuan Percepatan Umur Proyek	21
2.6.6 Perkiraan Waktu Penyelesaian Aktivitas	23
2.7 Analisis Biaya Pembangunan	24
2.7.1 Pengertian Biaya	24
2.7.2 Komponen Biaya Dasar Pada Proses Produksi	25
2.8 Simulasi <i>Monte Carlo</i>	27
2.8.1 Pengertian Simulasi Monte Carlo	27
2.8.2 Manfaat dan Kegunaan Simulasi Monte Carlo	28
2.9 <i>Software QM for Windows</i>	29
2.10 Penelitian Terdahulu	30
2.11 Posisi Penelitian	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1. Tahap Identifikasi Masalah	35
3.2. Studi Kepustakaan	36
3.3. Pengambilan Data	36
3.4. Analisis Data dan Pembahasan	37
3.5. Kesimpulan dan Saran	38
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Ukuran Utama <i>Landing Craft Utility</i> (LCU)	39
4.2 Proses Pembangunan <i>Landing Craft Utility</i> (LCU)	39
4.2.1 <i>Block Division Landing Craft Utility</i>	39
4.2.2 Penentuan Hubungan Antar Aktivitas <i>Hull Construction</i>	42
4.2.3 Penentuan Total Schedule	43

4.2.4	<i>Network Planning</i> Pembangunan LCU	43
4.3	Penerapan <i>Critical Path Method</i> (CPM).....	55
4.4	Percepatan Umur Proyek	55
4.4.1	Perhitungan Total <i>Float</i>	57
4.4.2	Perhitungan Durasi Baru	59
4.5	Hasil Analisa Menggunakan <i>QM for Windows</i>	60
4.5.1	Hasil Analisa Sebelum Percepatan <i>QM for Windows</i>	60
4.5.2	Hasil Analisa Setelah Percepatan <i>QM for Windows</i>	63
4.6	Simulasi Monte Carlo	67
4.6.1	Perhitungan Simulasi Monte Carlo	67
4.6.2	Penentuan Nilai Iterasi	69
4.6.3	Perhitungan Total Percepatan	71
4.6.4	Grafik Durasi Keyakinan Simulasi Monte Carlo	72
4.7	Perhitungan Biaya Percepatan terhadap Tenaga Kerja.....	73
4.7.1	Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Sebelum Percepatan ..	73
4.7.2	Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Setelah Percepatan ...	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1	Kesimpulan	83
5.2	Saran	84
DAFTAR PUSTAKA		85
LAMPIRAN		87
BIODATA PENULIS		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Aktivitas, <i>Dependency</i> , Volume Aktivitas dan Durasi LCU	44
Tabel 4.2 Perhitungan <i>Earliest Even Time</i> (EET)	52
Tabel 4.3 Perhitungan <i>Latest Even Time</i> (LET)	53
Tabel 4.4 Nilai LET dan EET Tiap Kegiatan	56
Tabel 4.5 Nilai Total <i>Float</i> tiap kegiatan	57
Tabel 4.6 Nilai Perhitungan Durasi Baru	59
Tabel 4.7 Kegiatan, Durasi Awal, dan Durasi Baru Pembangunan LCU	67
Tabel 4.8 Hasil Iterasi Pembangunan LCU 300 DWT	70
Tabel 4.9 Tabel Lintasan Kritis Simulasi Monte Carlo	72
Tabel 4.10 Nama dan Berat Blok Kapal	74
Tabel 4.11 Kebutuhan Jam Orang Pembangunan LCU	75
Tabel 4.12 Durasi Kegiatan Sebelum dan Sesudah Pemampatan	77
Tabel 4.13 Kebutuhan Jam Orang Lembur dan Biaya Kerja Lembur	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal <i>Landing Craft Utility</i> (LCU) 300 DWT	5
Gambar 2.2 Proses Pembuatan Kapal	8
Gambar 2.3 Seksi <i>Bulkhead</i>	9
Gambar 2.4 Blok-blok Seksi Dalam Pembangunan Kapal	10
Gambar 2.5 Estimasi Waktu yang Dibutuhkan Suatu Kegiatan	24
Gambar 2.6 Skema Prinsip Dasar Simulasi Monte Carlo	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Tahap Pengerjaan Tesis	35
Gambar 4.1 <i>Erection Block Landing Craft Utility</i> (LCU)	41
Gambar 4.2 Alur <i>Erection Block</i> Pembangunan LCU	42
Gambar 4.3 Hasil Analisa Sebelum Percepatan dengan QM	61
Gambar 4.4 <i>Gantt chart (early times)</i> LCU Sebelum Percepatan	62
Gambar 4.5 <i>Gantt chart (late times)</i> LCU Sebelum Percepatan	62
Gambar 4.6 <i>Gantt chart (early and late times)</i> LCU Sebelum Percepatan	62
Gambar 4.7 <i>Network diagram</i> LCU dengan QM Sebelum Percepatan	63
Gambar 4.8 Hasil Analisa Setelah Percepatan dengan QM	64
Gambar 4.9 <i>Gantt chart (early times)</i> LCU Setelah Percepatan	65
Gambar 4.10 <i>Gantt chart (late times)</i> LCU Setelah Percepatan	65
Gambar 4.11 <i>Gantt chart (early and late times)</i> LCU Setelah Percepatan	66
Gambar 4.12 <i>Network diagram</i> LCU dengan QM Setelah Percepatan	66
Gambar 4.13 Grafik Tingkat Keyakinan Penyelesaian Proyek	72

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A General Arrangement Kapal *Landing Craft Utility* (LCU)

Lampiran B Divisi Blok Kapal *Landing Craft Utility* (LCU)

Lampiran C Network Planning Pembangunan LCU Durasi Awal

Lampiran D Network Planning Pembangunan LCU Percepatan 12 hari

Lampiran E Network Planning Pembangunan LCU Durasi Baru

Lampiran F Durasi dan Ketergantungan Sebelum Percepatan pada *Ms. Project*

Lampiran G Network Diagram Durasi Awal pada *Microsoft Project*

Lampiran H Durasi dan Ketergantungan Setelah Percepatan pada *Ms. Project*

Lampiran I Network Diagram Durasi Akhir pada *Microsoft Project*

Lampiran J *Gantt chart* dan *Precedence Graph* Sebelum Percepatan

Lampiran K *Gantt chart* dan *Precedence Graph* Setelah Percepatan

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1. Latar Belakang

Peran angkutan laut di Indonesia yang merupakan negara kepulauan adalah sangat penting. Angkutan barang melalui laut sangat efisien dibanding moda angkutan darat dan udara. Hampir semua barang impor, ekspor, dan muatan dalam jumlah sangat besar diangkut dengan menggunakan kapal laut. Banyak sekali sumber daya alam yang dihasilkan oleh laut Indonesia ini yang memicu perindustrian kapal dan bangunan lepas pantai berkembang pesat. Tentu banyak sekali perusahaan di dalam negeri ataupun diluar negeri membuat bangunan laut seperti kapal dan bangunan lepas pantai lainnya. Dalam pembuatan bangunan tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang tepat agar proyek pembangunan kapal berjalan dengan jadwal yang disepakati sebelumnya oleh pihak galangan dan dengan *owner*.

Dalam sebuah kontrak kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan proses pembangunan tersebut. Yang paling penting adalah mengenai waktu pembangunan, yaitu waktu dimana sebuah proyek siap dimulai sampai bangunan tersebut selesai dibangun hingga siap dirasakan manfaatnya. Selain itu, nilai proyek juga sangat penting pada sebuah proyek, bisa jadi nilai merupakan parameter utama dari disetujuinya proyek pembangunan kapal.

Monte Carlo Simulation atau disingkat MCS adalah salah satu teknik asesmen risiko kuantitatif yang dapat digunakan oleh berbagai organisasi dalam proses manajemen risiko, terutama dalam tahapan analisis risiko dan/atau evaluasi risiko yang memiliki fenomena variabel acak. Analisis dan evaluasi risiko dengan fenomena variabel acak tidak hanya terjadi untuk peristiwa-peristiwa risiko pasar, risiko kredit, dan risiko operasional dalam dunia perbankan, tetapi juga

untuk risiko operasional di berbagai industri lain misalnya industri minyak dan gas dan pertambangan maupun perkapalan. Selain itu pula perlu dilakukan percepatan penjadwalan dengan random acak untuk mengetahui durasi percepatan yang paling efisien tanpa mengabaikan biaya yang harus dikeluarkan.

Keterlambatan pada penjadwalan proyek terjadi dikarenakan adanya keterlambatan pula pada suplai material yang digunakan untuk pembangunan kapal. Serta adanya pengaruh dari sumber daya galangan yang memungkinkan terjadinya keterlambatan.

Atas dasar tersebut penulis berharap dapat memberikan solusi percepatan waktu akibat keterlambatan tersebut dalam proyek pembangunan pada *Landing Craft Utility* (LCU) dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* (MCS).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana menentukan percepatan durasi penjadwalan pembangunan LCU menggunakan metode Simulasi *Monte Carlo* dengan random acak, serta bagaimana pengaruh percepatan tersebut terhadap proyek pembangunan.

1.3. Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah tersebut, maka didapat tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat model simulasi percepatan penjadwalan pengerjaan proyek pembangunan *Hull Construction* kapal LCU dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* berdasarkan tingkat keyakinan penyelesaian.
2. Menganalisa pengaruh percepatan waktu pembangunan *Hull Construction* kapal LCU terhadap jam kerja dan biaya tenaga kerja.

1.4. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapat adalah memberikan solusi kepada perusahaan dalam usaha mempercepat waktu pengerjaan pembangunan proyek LCU dengan distribusi probablistik akibat adanya keterlambatan. Serta dapat memberikan informasi mengenai waktu dan

biaya tenaga kerja yang dapat dipertimbangkan dalam proses pembangunan kapal. Selain itu Tesis ini juga dapat bermanfaat pada hasil yang didapat sesuai dengan rencana sebelumnya.

1.5. Batasan Penelitian

Mengingat banyaknya faktor yang mempengaruhi pelaksanaan pembangunan baru suatu kapal dan karena adanya keterbatasan-keterbatasan dalam penyelesaian Tesis ini, maka diperlukan pembatasan masalah agar penulisan Tesis ini menjadi terarah dan jelas. Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Pembahasan hanya pada pembangunan badan kapal (*hull construction*) LCU saja. Meliputi *contraction of blocks, bulkwark arrangement, skeg construction, shaft bracket construction, sea chest construction, bolted cover construction, docking plan, hatch cover arrangement*.
2. Pembahasan hanya pada kapal *Landing Craft Utility* (LCU) 300 DWT.
3. Tidak menghitung pengerjaan *hull outfitting, machinery and electrical outfitting*.
4. Tidak membahas proses pengawasan yang berkaitan dengan pihak *quality assurance* dan *quality control* dalam proses pembangunan LCU.
5. Tidak membahas mengenai analisa risiko.
6. Data-data yang akan digunakan adalah dari hasil survey di lapangan dan dokumen-dokumen dari pihak terkait di PT. Citra Mas Surabaya selaku konsultan dan PT. Palma Shipyard selaku galangan.

1.6. Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tesis ini dibagi menjadi beberapa tahapan pembahasan dimana setiap pembahasan disusun menjadi beberapa bab tersendiri. Sistematika pembahasan dapat dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan uraian tentang latar belakang masalah, rumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan, dan manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan penjelasan mengenai dasar-dasar teori yang berhubungan dengan proses produksi kapal, percepatan penjadwalan proyek, perkiraan waktu penyelesaian aktivitas, prinsip-prinsip dasar *Monte Carlo Simulation*, penggunaan simulasi, serta penggunaan jam orang.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam mengerjakan Tesis ini yang digambarkan dalam diagram alir penelitian. Tahapan yang dimaksud adalah penentuan latar belakang masalah, studi kepustakaan, pengumpulan data meliputi durasi pengerjaan tiap kegiatan, gambar *General Arrangement* proyek LCU, berat tiap blok kapal dan kebutuhan jam tenaga kerja. Analisa data meliputi percepatan umur proyek, tahap pembuatan model simulasi, tahap simulasi dan analisis, serta pembahasan hingga pada akhirnya akan diambil suatu kesimpulan.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang pembahasan yang diangkat dalam Tesis ini, dibahas mengenai percepatan pengerjaan proyek menggunakan analisis percepatan berdasarkan adanya perhitungan percepatan durasi, pembahasan mengenai hasil analisa percepatan sebelum dan sesudah dilakukan percepatan, penentuan jadwal pengerjaan proyek dengan pertimbangan ketidakpastian menggunakan metode Simulasi Monte Carlo, serta pengaruh yang timbul akibat penjadwalan probabilistik proyek pembangunan kapal LCU terhadap jam kerja dan biaya tenaga kerja sebelum dan setelah dilakukan percepatan durasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisa yang dilakukan serta pemberian saran-saran, baik untuk peningkatan kinerja perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Landing Craft Utility (LCU)*

Landing Craft Utility (LCU) merupakan sebuah kapal yang biasa digunakan untuk mendaratkan peralatan (tank, artileri, peralatan, dan kendaraan bermotor) serta pasukan ke tepi-tepi pantai. LCU umumnya digunakan saat operasi amfibi berlangsung. Namun saat Perang Korea dan Perang Vietnam, Angkatan Laut Amerika Serikat menggunakan LCT untuk tujuan-tujuan lain. Kapal ini mulai muncul saat perang dunia II dan digunakan oleh angkatan laut Inggris dan Amerika Serikat pada saat itu. Selama perang dunia II, kapal-kapal ini biasa dikenal dengan nama LCT (*Landing Craft Tank*).

Jenis kapal LCT biasa juga digunakan sebagai sarana kapal ferry untuk jalur penyebrangan antar pulau di Indonesia. Fungsi lainnya dari LCT adalah sebagai sarana angkut bahan cairan untuk supply kebutuhan air bersih dan bahan bakar minyak di lokasi proyek pertambangan atau untuk distribusi ke berbagai wilayah terpencil di Indonesia .



Gambar 2.1 Kapal *Landing Craft Utility (LCU)* 300 DWT

Sumber: PT. Citra Mas

2.2. Proses Produksi Kapal

Agar suatu proyek dapat terlaksana sesuai dengan keinginan pemesan, maka perlu diadakannya suatu perencanaan dan penjadwalan produksi. Perencanaan produksi yaitu suatu perencanaan dan pengorganisasian mengenai tenaga kerja, materi, mesin-mesin, peralatan dan biaya yang diperlukan pada suatu periode tertentu disaat yang akan datang sesuai dengan yang direncanakan (Anjar dan Soejitmo, 1996). Dapat dikatakan bahwa perencanaan suatu produksi sangat erat kaitannya dengan penjadwalan (*scheduling*). Apabila diperhatikan, semua perusahaan dari berbagai tingkat dan jenisnya termasuk industri galangan kapal mempunyai tujuan secara garis besar, yaitu:

1. Perusahaan dapat berproduksi dengan baik dan dapat memenuhi target kualitas dan waktu penyelesaian sesuai dengan yang telah direncanakan.
2. Perusahaan dapat berproduksi dengan ekonomis, agar biaya, material, tenaga kerja, mesin-mesin, dan peralatan yang digunakan seminimal mungkin untuk mencapai hasil keuntungan yang maksimal.

Dari kesimpulan tersebut dapat dikatakan bahwa produksi adalah suatu kegiatan mengelola atau mengubah suatu *input* menjadi *output* dengan menambahkan *added value*. *Input* produksi adalah sumber daya yang dimiliki sebagai kekuatan suatu perusahaan (galangan kapal). Secara umum sumber daya yang dimiliki, yaitu:

1. Sumber daya akan terlepas d manusia (*man*)
2. Sumber daya material (*material*)
3. Sumber daya management/metode (*method*)
4. Sumber daya mesin/peralatan (*machine*)
5. Sumber daya modal (*money*)

2.2.1 Tahap Proses Pembangunan Kapal

Proses pembangunan kapal yang dilakukan di galangan kapal umumnya dibagi dalam kelompok-kelompok bagian pengerjaan kapal dimulai dari bawah hingga ke atas, secara garis besar meliputi:

1. *Hull Construction*
2. *Hull Outfittings*
3. *Machinery Outfittings*
4. *Electrical Outfittings*

Pembangunan *Hull Construction* merupakan bagian pembangunan yang paling penting karena pada bagian badan kapal merupakan pembangunan yang paling memiliki kendala keterlambatan dalam pengerjaannya sehingga perlu dilakukan percepatan agar sesuai dengan kesepakatan kontrak kerja.

Untuk melakukan pengerjaan tersebut, maka dalam pembangunan kapal pada dasarnya selalu mengikuti proses pembuatan, perakitan, hingga pembangunan seperti yang dijelaskan berikut ini:

1. Tahap Pembuatan Awal.

Dalam tahap ini pekerjaan yang utama adalah pembentukan pelat yang dilakukan dengan cara seperti pembersihan, penandaan, pemotongan, pembengkokkan, dan lain sebagainya.

2. Tahap Perakitan Awal.

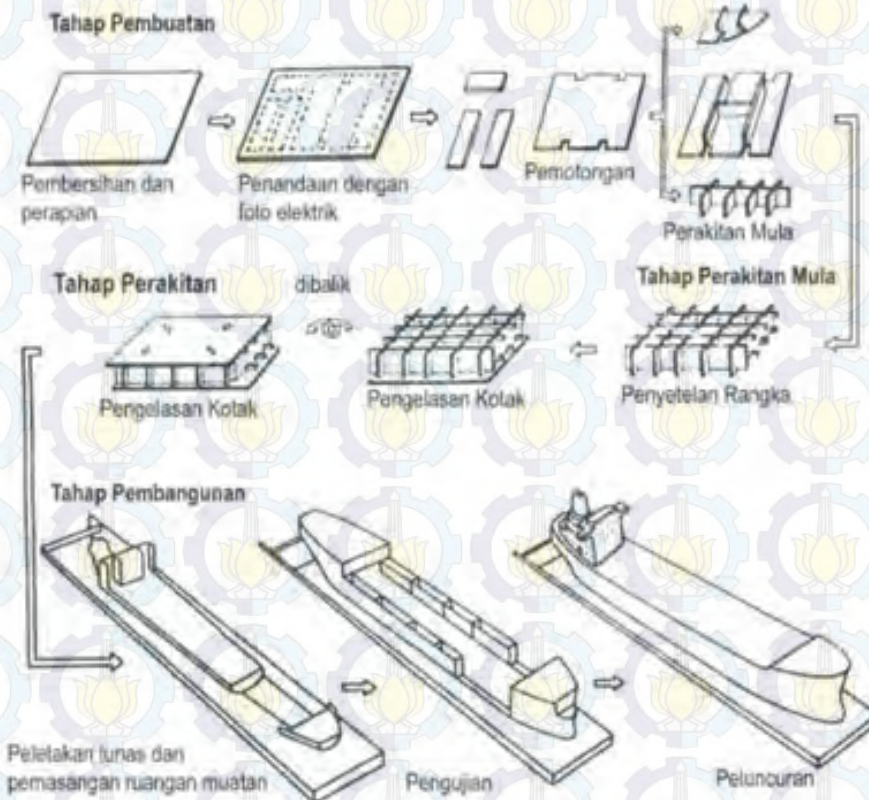
Sebagian dari pelat dinding setelah dibuat biasanya langsung dikirimkan ketempat perakitan. Tetapi konstruksi dalam seperti kerangka geladak atau dasar biasanya dirakit tersendiri lebih dahulu dalam tahap perakitan mula atau awal. Dalam tahap ini biasanya digunakan cara pengelasan tangan, pengelasan gaya berat, pengelasan rendam dan sebagainya. Apabila kapal kayu maka dilakukan proses penyambungan atau pengeleman.

3. Tahap Perakitan.

Ada tahap perakitan semua komponen baik yang datang dari pembuatan maupun dari perakitan awal dirakit menjadi kotak-kotak perakitan (dilas/dilem atau penyambungan). Pada kapal baja penyambungan antara kotak-kotak perakitan yang dilakukan dengan menggunakan las busur rendam otomatis. Dalam hal mengikat kerangka dan pelat dinding digunakan las tangan atau las gaya berat dengan elektroda khusus untuk pengelasan datar. Disamping cara pengelasan diatas digunakan juga cara lain tergantung dari bagian-bagian yang disambung dan posisi pengelasannya.

4. Tahap Pembangunan.

Kotak-kotak yang sudah dirakit kemudian disusun diatas galangan dengan bantuan *crane*. Setelah diatur kotak-kotak tersebut kemudian di las dengan menggunakan dua macam pengelasan, baik dengan las biasa maupun dengan las otomatis.



Gambar 2.2 Proses Pembuatan Kapal

Sumber: www.maritimeworld.web.id

2.2.2 Metode pembangunan kapal

Pada umumnya metode atau cara dalam proses pembuatan kapal terdiri dari dua cara yaitu cara pertama berdasarkan sistem, cara kedua berdasarkan tempat. Proses pembuatan kapal berdasarkan sistem terbagi menjadi tiga macam:

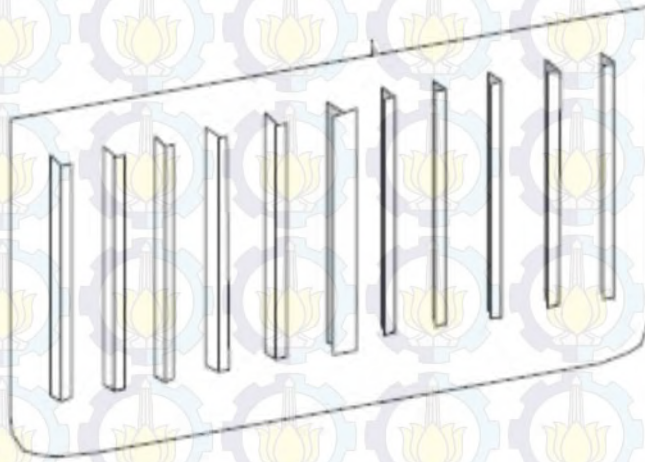
1. Sistem seksi

Sistem seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian-bagian konstruksi dari tubuh kapal dibuat seksi perseksi (perbagian). Contoh: seksi *bulkhead* (sekat kedap air).

Keuntungan dan kerugian sistem seksi:

a. Keuntungan:

- Tiap seksi dapat dibangun dalam waktu yang bersamaan tergantung kapasitas kerja bengkel.
- Waktu pembangunannya lebih pendek.
- Kualitas produksi lebih unggul dibanding sistem konvensional.
- Mutu dari tiap seksi dapat dikontrol secara rinci.



Gambar 2.3 Seksi *Bulkhead*

Sumber: www.maritimeworld.web.id

b. Kerugian/kekurangan:

- Kekuatan pada kapal tergantung pada perencanaan pembagian badan kapal menjadi beberapa seksi dan juga teknik penyambungan antara dua buah seksi.
- Pengerjaan lebih sulit karena dalam proses penggabungan antara seksi memerlukan ketepatan ukuran yang prima.

2. Sistem blok seksi

Sistem blok seksi adalah sistem pembuatan kapal dimana bagian-bagian konstruksi dari kapal dalam fabrikasi dibuat gabungan seksi-seksi sehingga membentuk blok seksi, contoh bagian dari seksi-seksi geladak, seksi lambung dan *bulkhead* dibuat menjadi satu blok seksi.

3. Sistem block

Sistem blok adalah sistem pembuatan kapal dimana badan kapal terbagi beberapa blok, dimana tiap-tiap blok sudah siap pakai. (lengkap dengan sistem perpipaannya).



Gambar 2.4 Blok-Blok Seksi Dalam Pembangunan Kapal

Sumber: www.maritimeworld.web.id

Pada bagian desain mencakup pekerjaan-pekerjaan antara lain penggambaran bagian-bagian konstruksi dan perhitungan atau perancangan-perancangan, selanjutnya gambar rencana gadinggading skala 1:1 di *mould Loft*, penandaan dalam proses pembuatan kapal dilakukan di bengkel. Berdasarkan tempatnya, pembuatan kapal dibagi menjadi dua macam:

- Fabrication* adalah semua pekerjaan pembuatan kapal yang dikerjakan diluar tempat peluncuran dimana badan kapal dimasukkan dalam air.
- Erection* adalah semua pekerjaan pembuatan kapal yang dikerjakan di tempat dimana kapal akan diluncurkan. Dalam hal ini pembuatan baik berupa seksi, blok seksi, dan blok semuanya dilakukan/dikerjakan di tempat tersebut.

2.3 Tinjauan Jam Orang

Jam orang (JO) adalah jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan sampai pekerjaan tersebut selesai. Dari sisi produktivitas pemakaian jam orang (JO) sangat mempengaruhi produktivitas tenaga kerja dan sekaligus produktivitas keseluruhan galangan (Anjar dan Soejitmo, 1996). Kebutuhan jam orang (JO) untuk suatu pekerjaan merupakan ukuran produktivitas dari tenaga kerja atau sekelompok tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan tersebut. Jam orang merupakan satuan waktu yang perlu juga diperhatikan untuk mengukur tingkat kemajuan suatu pekerjaan. Jam orang dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Jam orang standart, yaitu jam orang yang sebanding dengan jam orang yang menggunakan perhitungan standart jam orang, sehingga merupakan standart minimum yang harus dicapai dalam menyelesaikan pekerjaan.
2. Jam orang langsung, adalah jam orang yang terpakai langsung untuk penyelesaian pekerjaan suatu proyek yang telah ditentukan. Jam orang ini dihitung sebagai “biaya tenaga langsung”.

Fungsi penentuan jam orang bagi suatu perusahaan khususnya galangan adalah sebagai pedoman dalam menentukan tarif jasa pekerjaan. Tarif jasa untuk pekerjaan dapat diperkirakan dari besarnya jumlah jam orang untuk volume pekerjaan yang diberikan. Selain itu penentuan jam orang juga digunakan untuk memperkirakan besarnya volume pekerjaan yang disesuaikan dengan fasilitas yang ada dan metode yang akan digunakan, sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman pada pekerjaan berikutnya yang berkaitan erat dengan waktu penyelesaian suatu beban pekerjaan. Penentuan jam orang pada awalnya dilakukan dengan cara pendekatan rumus atau berdasarkan standart jam orang yang telah ada (JO Standart). Akan tetapi dengan pendekatan rumus sulit diterapkan untuk perusahaan galangan di Indonesia, hal ini disebabkan karena pendekatan rumus tersebut didapat dari data untuk galangan di negara maju, sedangkan galangan di Indonesia pada umumnya berbeda kondisinya dengan galangan di negara maju. Dengan demikian pendekatan dengan menggunakan rumus sulit diterapkan. Sedangkan cara yang tepat adalah dengan menggunakan standart yang telah ada dari pekerjaan yang dilakukan galangan atau dengan standart jam orang dari galangan lain dengan koreksi tertentu.

Penentuan jam orang dan jam mesin sangatlah diperlukan dalam memperkirakan beberapa biaya yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan. Sehingga pada tahap perencanaan pekerjaan perlu adanya penentuan jam orang dan jam mesin yang optimal, hal ini bertujuan agar:

- a) Kerja dari mesin-mesin dan peralatan *material handling* yang ada akan menjadi lebih optimal.
- b) Pengaturan kerja mesin-mesin dan peralatan *material handling* akan lebih mudah dan teratur.
- c) Pembagian pekerjaan untuk tiap kelompok pekerja akan lebih mudah.

Dengan adanya pembagian pekerjaan, pengawasan efisiensi pekerjaan tiap kelompok pekerjaan akan lebih mudah dilaksanakan karena adanya acuan jumlah jam orang yang optimal tersebut (Djauhar Manfaat, 1989)

Jam orang (JO) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$JO = \frac{\text{Volume atau berat baja yang diproses (kg)}}{\text{Standart kerja atau faktor jam orang } \left(\frac{\text{kg}}{\text{jam Orang}} \right)}$$

Standart jam orang ini ditentukan dengan menggunakan standart yang telah ada, baik berdasarkan data yang telah dianalisa maupun pengoreksian standart galangan lain. Standart jam orang tidak dapat berubah kecuali adanya perubahan penerapan metode produksi dan penggunaan teknologi baru dalam proses produksi. Perhitungan diatas untuk tiap komponen pekerjaan kemudian dijumlahkan, sehingga didapat perkiraan pemakaian jam orang secara keseluruhan secara menyeluruh.

Dengan demikian penetapan jam orang sangatlah penting dilakukan pada tahapan perencanaan (*planning*) agar tidak terjadi penambahan jam orang yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Dengan demikian terdapat beberapa hal yang perlu diperimbangkan dalam penentuan jam orang pada suatu pekerjaan antara lain:

1. Susunan dan perbandingan jumlah tenaga kerja yang ada. Hal ini dapat dilakukan dengan baik pada perusahaan galangan kapal yang mempunyai volume pekerjaan tertentu dan tetap.
2. Peningkatan pendidikan dan keterampilan pekerja. Pendidikan dan keterampilan yang diberikan dapat bersifat teoritis dan praktis. Untuk pendidikan teoritis biasanya diberikan kepada pemimpin (manajer) sedangkan untuk pendidikan yang bersifat praktis cenderung diberikan kepada tenaga kerja langsung dan tak langsung di lapangan.

2.4 Network Planning

Network planning merupakan suatu cara baru dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Yaitu suatu gambaran dari rencana proyek dan urutan-urutan dari pada kegiatan yang harus dilaksanakan.

Penggunaan network planning pada penyelenggaraan proyek yaitu:

1. Untuk memasukkan informasi tetap
2. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan
3. Sumber daya dalam keadaan siap pakai
4. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengolahan sumber daya

Konsep *Analisa Network* diperlukan untuk koordinasi dan pengurutan kegiatan-kegiatan pabrik/proyek yang kompleks, saling berhubungan dan saling tergantung satu sama lain. Bertujuan agar perencanaan dan pengawasan semua kegiatan tersebut dapat dilakukan secara sistematis sehingga dapat diperoleh efisiensi kerja.

Pada perencanaan suatu proyek terdapat proses pengambilan keputusan dan proses penetapan tujuan. Untuk dapat melaksanakan proses ini perlu adanya informasi yang tepat dan kemampuan pengambilan keputusan yang tinggi. Proses pengambilan keputusan dan penetapan kebijakan serta proses penyelenggaraan merupakan sistem operasi pada perencanaan proyek.

Bila perencanaan proyek merupakan sebuah total sistem, maka penyelenggaraan proyek tersebut terdiri dari dua sub sistem, yaitu sub sistem operasi dan sub sistem informasi. Sub sistem operasi menjawab pertanyaan “bagaimana cara melaksanakan kegiatan” sedang sub sistem informasi menjawab pertanyaan “kegiatan apa saja yang sudah, sedang dan akan dilaksanakan”.

Network planning merupakan sub sistem informasinya.

Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Di samping itu *network* juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan proyek tersebut. Diagram *network* merupakan kerangka penyelesaian proyek secara keseluruhan. Pada prinsipnya *network* dipergunakan untuk perencanaan penyelesaian berbagai macam pekerjaan terutama pekerjaan yang terdiri atas berbagai unit pekerjaan yang semakin sulit dan rumit.

Analisis dengan menggunakan *Network* dapat membantu dalam menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Disamping itu, *Network* dengan menggunakan *Critical Path Methode* (CPM) dan *Program Evaluation Review and Technique* (PERT) juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan. CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang

mengarah pada penentuan jadwal dan juga estimasi waktunya yang bersifat deterministik/pasti.

Sedangkan PERT metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan. Akan tetapi dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah CPM. Metode ini dapat diharapkan dapat mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek.

Menurut Kerzner (1995) suatu proyek dapat dikatakan sukses bila mampu memenuhi ruang lingkup proyek (*scope*) menyelesaikan proyek dengan tepat waktu atau lebih singkat dari waktu yang telah disepakati, dan menghemat dana yang tersedia secara bersamaan. Pendekatan menggunakan *critical path method* memberikan mekanisme dalam mengidentifikasi dan sesuatu yang kritis dalam kondisi ketidakpastian proyek. Metode ini memungkinkan untuk mengantisipasi kondisi ketidakpastian dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek.

Beberapa keuntungan menggunakan metode CPM adalah:

- a) Meningkatnya tingkat kesuksesan proyek
- b) Proyek berjalan tepat waktu
- c) Proyek terselesaikan dengan biaya dibawah yang dianggarkan
- d) Mengurangi durasi proyek
- e) Penyederhanaan manajemen proyek
- f) Peningkatan pencapaian proyek dengan jumlah *resource* yang sama

CPM memberikan berbagai informasi penting mengenai spesifik proyek, yaitu sebagai berikut:

- a) Total waktu untuk menyelesaikan proyek
- b) Awal dijadwalkan dan tanggal selesai setiap tugas yang berkaitan dengan selesainya proyek.
- c) Lintasan "kritis" dalam proyek dan harus diselesaikan persis seperti yang dijadwalkan.

- d) Tenggang waktu yang tersedia dalam non-tugas penting, serta berapa lama mereka dapat ditunda sebelum kegiatan tersebut mempengaruhi tanggal selesai proyek.

Jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network planning* sehingga memiliki durasi pengerjaan terpanjang. Dari sini dapat diketahui waktu yang dapat dipersingkat untuk menyelesaikan proyek. setiap keterlambatan kegiatan pada jalur kritis langsung berdampak pada penyelesaian proyek yang telah direncanakan. Total jangka waktu yang lebih pendek dari jalur kritis disebut sub-kritis atau non-kritis.

Dalam CPM dianalisa kegiatan apa saja yang memiliki paling sedikit fleksibilitas penjadwalan, yaitu yang paling *mission critical*, kemudian diprediksi jadwal durasi proyek berdasarkan kegiatan yang jatuh sepanjang “jalur kritis”. Kegiatan yang terletak di sepanjang jalur kritis tidak dapat ditunda atau waktu penyelesaian untuk keseluruhan proyek akan tertunda juga. Tidak hanya perencanaan penyusunan jadwal, CPM juga membantu dalam perencanaan sumber daya.

2.6 Analisis Waktu Pembangunan

2.6.1 Penentuan Durasi Aktivitas

Durasi kegiatan adalah jangka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan, yaitu mulai dari saat awal pada saat kegiatan mulai dikerjakan sampai dengan kegiatan selesai dikerjakan. Ada dua faktor penentu durasi kegiatan, yaitu:

1. Faktor Teknis

Yang termasuk faktor–faktor teknis adalah: volume pekerjaan, sumber daya, ruangan, jam kerja per hari kerja (banyaknya giliran pekerja per hari kerja, jam kerja pergiliran pekerja).

2. Faktor non teknis

Yang termasuk factor non teknis adalah: banyak hari kerja perminggu, banyaknya hari-hari libur, banyaknya hari-hari hujan dan cuaca yang tidak memungkinkan menyelenggarakan pekerjaan, dan sebagainya.

2.6.2 *Earliest Event Time* dan *Latest Event Time*

2.6.2.1 *Earliest Event Time* (EET)

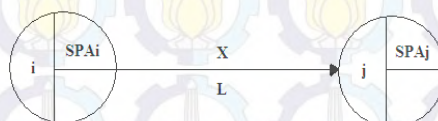
EET ialah *Earliest Event Time*, suatu peristiwa yang mungkin terjadi, dan tidak mungkin terjadi sebelumnya. Manfaat ditetapkannya EET suatu peristiwa adalah untuk mengetahui earliest even time mulai melaksanakan kegiatan-kegiatan yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan.

Syarat yang harus dipenuhi agar bisa menentukan atau menghitung EET semua peristiwa-peristiwa pada sebuah *network diagram* adalah:

- Network diagram* yang tepat tersedia. *Network diagram* tepat bila jumlah kegiatan dan logika ketergantungan kegiatan tepat, jumlah peristiwa dan jumlah *dummy* cukup.
- Nomor-nomor peristiwa ditetapkan menurut/memenuhi persyaratan yaitu peristiwa awal *network diagram* diberi no. 1, peristiwa akhir diberi no. maksimum yang sama dengan banyaknya peristiwa yang ada di *network diagram* yang bersangkutan. Peristiwa-peristiwa lainnya diberi nomor sedemikian rupa sehingga nomor peristiwa awal selalu lebih kecil dari pada nomor peristiwa akhir baik untuk kegiatan maupun untuk *dummy* (nilai nomor-nomor tersebut selalu lebih besar dari pada 1 dan selalu lebih kecil dari pada nomor maksimum).
- Semua kegiatan yang ada dalam *network diagram* telah ditetapkan lama kegiatan perkiraannya.

Jika hanya ada sebuah kegiatan menuju ke sebuah peristiwa, maka earliest even time peristiwa tersebut adalah saat selesai paling awal kegiatan tersebut. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan yang menuju pada sebuah peristiwa, maka EET peristiwa tersebut adalah sama dengan saat selesai paling awal dari kegiatan yang selesainya paling lambat. Untuk penentuan EET suatu peristiwa adalah sebagai berikut:

- Untuk sebuah kegiatan menuju ke sebuah peristiwa



Ket :

$$EET_j = EET_i + L$$

X = Kegiatan

J = Peristiwa akhir kegiatan X

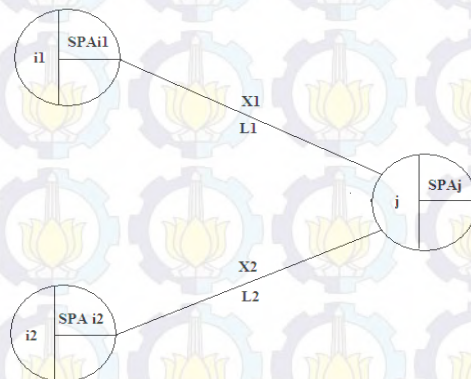
i = Peristiwa awal kegiatan X

L = Lama kegiatan X yang diperkirakan

EET_i = Earliest even time peristiwa awal

EET_j = Earliest even time peristiwa akhir

b. Untuk beberapa kegiatan menuju ke sebuah peristiwa



Ket :

$$EET_j = (EET_{i_n} + L_n) \text{ maksimum}$$

n = Nomor kegiatan ($n = 1, 2, 3, \dots, z$)

X_n = Nama kegiatan ke - n

j = Peristiwa akhir bersama dari semua kegiatan-kegiatan X_n

i_n = Peristiwa awal kegiatan X_n

EET_{i_n} = Earliest even time peristiwa awal dari kegiatan X_n

L_n = Lama kegiatan X_n yang diperkirakan

EET_j = Earliest even time peristiwa akhir seluruh kegiatan X_n

Sedangkan prosedur untuk menghitung EET tersebut sebagai berikut:

- Hitung atau tentukan EET dari peristiwa-peristiwa mulai dari nomor 1 berturut-turut sampai dengan nomor maksimal.
- EET peristiwa nomor 1 sama dengan nol.
- Selanjutnya dapat dihitung EET peristiwa nomor 2,3,4, dan seterusnya dengan menggunakan salah satu dari dua formula yang

telah dijelaskan sesuai dengan banyak kegiatan dan *dummy* yang menuju kepada peristiwa yang bersangkutan.

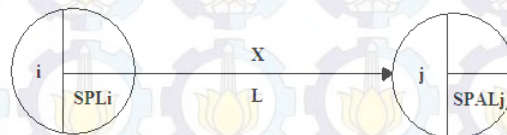
2.6.2.2 Latest Event Time (LET)

Saat paling lambat adalah saat paling lambat suatu peristiwa boleh terjadi, dan tidak boleh sesudahnya sehingga mungkin proyek selesai pada waktu yang direncanakan. Jadi manfaat LET adalah untuk mengetahui saat paing lambat selesainya semua kegiatan yang menuju peristiwa yang bersangkutan, agar proyek masih dapat selesai pada saat yang direncanakan.

Syarat yang harus dipenuhi agar bisa menentukan atau menghitung LET sama seperti syarat EET namun EET semua peristiwa yang ada dalam network diagram telah dihitung dan dinyatakan dalam network diagram pada ruang kanan atas setiap peristiwa.

Saat mulai paling lambat suatu kegiatan diperoleh dengan mengurangi LET selesainya kegiatan yang bersangkutan dengan lama kegiatannya. Jika terdapat lebih dari satu kegiatan dan *dummy* yang keluar dari sebuah peristiwa, maka LET peristiwa tersebut adalah sama dengan LET dari kegiatan yang mulainya paling lambat. Penentuan LET suatu peristiwa adalah sebagai berikut:

- a. Untuk sebuah kegiatan keluar dari sebuah peristiwa.



Ket :

$$LET_i = LET_j - L$$

X = Kegiatan

j = Peristiwa akhir kegiatan X

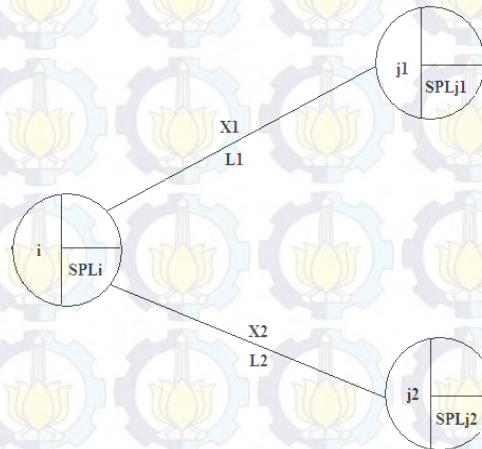
i = Peristiwa awal kegiatan X

L = Lama kegiatan X yang diperkirakan

LET_i = Saat paling lambat peristiwa awal

LET_j = Saat paling lambat peristiwa akhir

- b. Untuk beberapa kegiatan keluar dari sebuah peristiwa



Ket :

$LET_i = (LET_{jn} - L_n)$ minimum

n = Nomor kegiatan ($n = 1, 2, 3, \dots, z$)

X_n = Nama kegiatan ke - n

i = Peristiwa awal bersama dari semua kegiatan-kegiatan n

j_n = Peristiwa akhir masing-masing kegiatan n

LET_{jn} = Saat paling lambat peristiwa akhir dari kegiatan X_n

L_n = Lama kegiatan X_n yang diperkirakan

LET_i = Saat paling lambat peristiwa awal kegiatan X_n

Sedangkan prosedur menghitung saat paling lambat:

- Hitung atau tentukan LET peristiwa mulai dari nomor maksimal kemudian mundur berturut-turut sampai dengan peristiwa nomor 1.
- LET nomor maksimal sama dengan EET peristiwa nomor maksimal.
- Selanjutnya dapat dihitung LET peristiwa nomor-nomor maksimal, ..., 4, 3, 2, 1, dengan menggunakan salah satu dari dua rumus di atas sesuai dengan banyak kegiatan dan *dummy* yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan.

2.6.3 Peristiwa Kritis, Kegiatan Kritis, dan Lintasan Kritis

1. Peristiwa Kritis

Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu.

Nilai EET dan LET menunjukkan nilai yang sama. Sehingga jika EET dikurangi LET sama dengan nol.

2. Kegiatan Kritis

Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sangat sensitive terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja, sedang kegiatan lainnya tidak, maka proyek akan mengalami keterlambatan selama satu hari. Sifat kritis ini disebabkan karena kegiatan tersebut harus dimulai pada satu saat (tidak ada mulai paling awal dan tidak ada mulai paling lambat) dan harus selesai pada satu saat (tidak ada selesai paling awal dan tidak ada selesai paling lambat). Pada kegiatan kritis harus dimulai pada suatu saat awal saja dan selesai suatu saat akhir saja sehingga tidak ada alternative saat lainnya.

3. Lintasan Kritis

Lintasan kritis adalah lintasan yang terdiri dari kegiatan-kegiatan kritis, peristiwa-peristiwa kritis, dan *dummy*. Tujuan mengetahui lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan dan peristiwa-peristiwa yang tingkat kepekaannya paling tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan, sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan proyek, yaitu terhadap kegiatan-kegiatan kritis.

Lintasan kritis selama jangka waktu pelaksanaan proyek kemungkinan besar berubah-ubah, hal ini disebabkan terjadinya keterlambatan pelaksanaan kegiatan yang besar melebihi batas toleransi.

2.6.4 Tenggang Waktu Kegiatan

Tenggang waktu kegiatan adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan kegiatan. Dengan ukuran ini dapat diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap pola kebutuhan sumber daya dan biaya.

1. Syarat Menghitung Tenggang Waktu Kegiatan

Syarat-syarat yang harus dipenuhi agar dapat menghitung tenggang waktu seluruh kegiatan yang ada dalam sebuah *network plnning* sebagai berikut:

- a. Telah ada *network diagram* yang tepat yaitu terdiri dari kegiatan, peristiwa, dan *dummy* (bila diperlukan) yang jumlahnya tepat,

hubungan logika antar kegiatan memenuhi persyaratan, dan nomor-nomor peristiwanya memenuhi persyaratan.

b. Lama kegiatan perkiraan masing-masing telah ditentukan.

c. Telah dihitung EET dan LET semua peristiwa.

2. Float

Float merupakan sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan, sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan secara sengaja/tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya.

2.6.5 Penentuan Percepatan Umur Proyek

Keadaan yang dihadapi disini adalah adanya perbedaan antara umur perkiraan proyek dan umur rencana proyek. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek lebih dari pada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dari kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan kritis. Sedangkan umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen dan atau waktu sebab-sebab lain.

Supaya proyek dapat diselesaikan dengan rencana, umur perkiraan proyek harus disamakan dengan umur rencana proyek. Caranya dengan mempercepat lama kegiatan perkiraan secara proporsional (catatan: hal terakhir ini berlaku untuk keadaan yang tidak ada ketentuan-ketentuan lain yang harus dipenuhi).

1. Syarat mempercepat umur proyek

- a. Telah ada *network diagram* yang tepat.
- b. Lama kegiatan perkiraan masing-masing kegiatan telah ditentukan.
- c. Berdasarkan ketentuan diatas, dihitung EET dan LET semua peristiwa.
- d. Ditentukan pula umur rencana proyek (UREN).

2. Prosedur mempercepat umur proyek

- a. Buat *network diagram* dengan nomor-nomor peristiwa sama seperti semula dengan lama kegiatan perkiraan baru untuk langkah

perkiraan baru untuk langkah ulangan, dan sama dengan semula untuk langkah siklus utama.

- b. Dengan dasar EET peristiwa awal, $EET_1 = 0$, dihitung EET lainnya. Umur perkiraan proyek (UPER) = EET peristiwa akhir (EET_m , m adalah nomor peristiwa akhir *network diagram* atau nomor maksimal peristiwa).
- c. Dengan dasar LET peristiwa akhir *network diagram* (LET_m) = umur proyek direncanakan (UREN), dihitung LET semua peristiwa.
- d. Hitung TF semua kegiatan yang ada. Bila tidak ada TF yang berharga negative, proses perhitungan selesai. Bila masih ada TF berharga negative, lanjutkan ke langkah berikut. Cari lintasan-lintasan yang terdiri dari kegiatan yang TF masing-masing besarnya:

$$\text{Total Float} = LET_j - \text{durasi} - EET_i$$



- e. Lama kegiatan dari peristiwa tersebut diatas adalah L_n , n adalah nomor urut kegiatan tersebut dalam satu lintasan. $n = 1, 2, 3, \dots, z$
- f. Hitung lama kegiatan baru dari kegiatan tersebut diatas (langkah ke-e dan f) dengan menggunakan:

$$L_n(\text{baru}) = L_n(\text{lama}) + \frac{L_n(\text{lama})}{L_i} \times (UREN - UPER)$$

Keterangan:

$L_n(\text{baru})$ = Lama kegiatan baru

$L_n(\text{lama})$ = Lama kegiatan lama

L_i = Jumlah lama kegiatan satu lintasan dipercepat

UREN = Umur rencana proyek

UPER = Umur perkiraan proyek

2.6.6 Perkiraan Waktu Penyelesaian Aktivitas

Ada dua cara yang biasa digunakan untuk memperkirakan (*mengestimasi*) waktu penyelesaian suatu aktivitas ini, yaitu:

1. *Single duration estimate*, atau perkiraan waktu tunggal untuk setiap aktivitas. Cara ini dapat dilakukan apabila durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Pendekatan *CPM* menggunakan cara ini karena *CPM* beranggapan bahwa setiap *fluktuasi* dapat diatasi dengan fungsi kontrol.
2. *Triple duration estimate*, yaitu cara perkiraan waktu yang didasarkan atas tiga jenis *duration* sebagai berikut:

- *Optimistic duration*

Yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas jika tidak terjadi kesalahan pada pelaksanaan aktivitas itu (segala sesuatunya berjalan baik sekali).

- *Most likely duration*

Yaitu waktu yang paling sering terjadi bila aktivitas dilakukan berulang-ulang (dalam kondisi normal). *Most likely duration* merupakan waktu normal untuk menyelesaikan kegiatan.

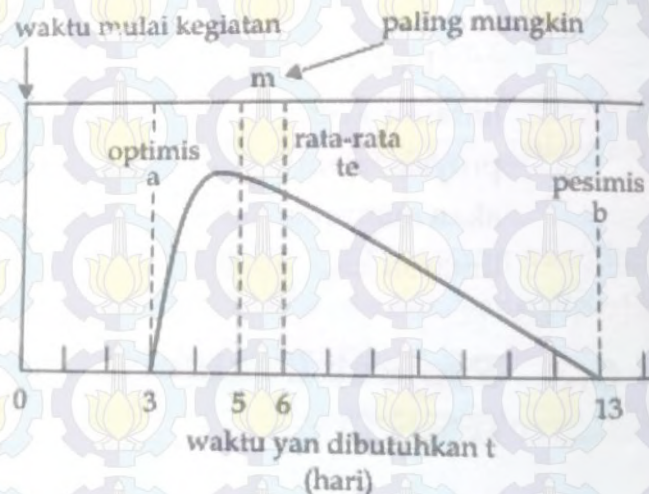
- *Pessimistic duration*

Yaitu waktu yang dibutuhkan bila terjadi kesalahan pada pelaksanaan aktivitas yang bersangkutan atau waktu maksimal yang diperlukan suatu kegiatan, situasi ini terjadi bila nasib buruk terjadi. Estimasi waktu-waktu tersebut diperoleh dari orang yang ahli atau orang yang akan melakukan kegiatan tersebut.

Ketiga waktu estimasi tersebut berhubungan dengan bentuk distribusi beta dengan parameter a dan b pada titik akhir dan m sebagai modus, yang merupakan data yang paling sering terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 2.6.

Cara ini merupakan dasar dari perhitungan untuk *PERT* yang mempunyai asumsi dasar bahwa jika suatu aktivitas dilakukan berkali-kali, maka *actual times* (waktu yang nyata untuk menyelesaikan aktivitas itu)

akan membentuk distribusi frekuensi beta, dimana *optimistic* dan *pesimistic duration* merupakan buntut (*tail*), sedangkan *most likely duration* adalah mode dari distribusi beta.



Gambar 2.5 Estimasi Waktu yang Dibutuhkan Suatu Kegiatan

2.7 Analisis Biaya Pembangunan

2.7.1 Pengertian Biaya

Biaya didefinisikan sebagai manfaat (*benefit*) yang dikorbankan dalam rangka memperoleh barang dan jasa. Manfaat diukur dalam rupiah melalui pengurangan aktiva atau pembebanan utang pada saat manfaat itu diterima. Dalam suatu proyek, biaya proyek disebut sebagai investasi awal proyek, modal tetap proyek, modal permanen proyek atau aktiva tetap suatu proyek.

Biaya suatu proyek adalah semua pengeluaran uang baik saat terjadinya transaksi atau yang terutang (dibayar dikemudian hari) yang ditujukan untuk memperoleh berbagai barang modal yang mempunyai manfaat ekonomis lebih dari satu tahun. Biaya proyek merupakan *capital expenditure* (pengeluaran barang modal) yang nantinya dikapitalisir dan kemudian dialokasikan ke berbagai periode waktu tertentu. Jumlah biaya proyek adalah semua pengeluaran yang terjadi atau terutang sampai suatu aktiva tetap tersebut siap untuk digunakan.

Mengetahui informasi biaya proyek sangat penting sekali yang akan menentukan seberapa besar dana yang diperlukan untuk dana investasi.

Sebetulnya biaya proyek itu sama dengan aktiva tetap yang diproyeksikan. Karena itu dapat disebut sebagai modal awal proyek.

2.7.2 Komponen Biaya Dasar Pada Proses Produksi

Pada tiap pelaksanaan proyek, mulai dari ide sampai pemeliharaannya membutuhkan bermacam-macam biaya yang harus dikeluarkan. Komponen biaya harus dipertimbangkan dan diestimasi besarnya, sehingga tahap evaluasi untuk membandingkan performansi ekonomi suatu alternative bisa dilakukan dengan baik. Dibawah ini beberapa definisi dari biaya tersebut:

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*)

Biaya tetap adalah biaya-biaya yang tidak terpengaruh oleh tingkat kegiatan diatas jangkauan pengoprasian yang layak untuk kemampuan yang tersedia. Contoh: asuransi, pajak, bunga pinjaman.

2. Biaya Berubah (*Variable Cost*)

Biaya berubah adalah biaya-biaya yang dihubungkan terhadap pengoprasian yang secara total berubah-ubah sesuai dengan banyaknya output yang dihasilkan. Contoh: biaya material, tenaga kerja langsung.

Biaya total dari suatu produksi dapat diperoleh dengan menjumlahkan biaya tetap dan biaya berubah (Pujawan, 1995), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

Dimana,

$$TC = FC + VC$$

TC = Total Cost (Biaya Total)

FC = Fixed Cost (Biaya Tetap)

3. Biaya Inkremental (*Incremental Cost*)

Biaya incremental adalah biaya tambahan yang diakibatkan oleh peningkatan satu unit output.

4. Biaya Berulang (*Recurring Cost*)

Biaya berulang adalah biaya-biaya yang bersifat repetitive dan terjadi ketika suatu organisasi menghasilkan barang atau jasa yang sama secara terus menerus.

5. Biaya Tidak Berulang (*Non-recurring Cost*)

Biaya tidak berulang adalah biaya yang tidak bersifat repetitive, walaupun pengeluaran total dapat bersifat kumulatif dalam periode waktu yang relative pendek atau singkat. Contoh: biaya pembelian lahan untuk pembangunan pabrik.

6. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah biaya-biaya yang secara beralasan dapat diukur dan dialokasikan ke suatu keluaran atau kegiatan kerja tertentu. Contoh: biaya material, biaya tenaga kerja.

7. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung adalah biaya-biaya yang tidak terkait langsung dengan output yang dihasilkan. Contoh: biaya alat tulis kantor, serta biaya peralatan umum.

8. Biaya *Overhead*

Biaya *overhead* adalah biaya-biaya pengoperasian pabrik yang bukan merupakan biaya tenaga kerja langsung dan material langsung. Contoh: biaya listrik, telepon, perbaikan umum, pajak kepemilikan.

Pada proses produksi disebutkan perusahaan galangan kapal pada umumnya terdapat tiga buah komponen biaya dasar, yaitu:

- 1) Biaya material langsung (*Direct Materials*), yaitu biaya material atau bahan yang secara langsung digunakan dalam proses produksi untuk mewujudkan suatu hasil produksi.
- 2) Biaya tenaga kerja (*Direct Labours*), yaitu biaya untuk tenaga kerja yang ditempatkan dan didayagunakan dalam menangani kegiatan-kegiatan proses produksi yang secara integral digunakan untuk menangani semua peralatan/fasilitas produksi sehingga proses produksi dapat terwujud.
- 3) Biaya Tidak Langsung (*Overhead*), yaitu biaya-biaya material dan tenaga kerja tidak langsung serta biaya-biaya lainnya yang timbul dan diperlukan untuk menunjang keberhasilan penyelesaian penyelesaian proses produksi.

Biaya material tidak langsung dipakai untuk menunjang keberhasilan proses produksi, tetapi tidak menjadi bagian yang integral dari produksi yang dihasilkan, misal: bahan bakar, listrik, biaya peralatan, keamanan, dan kesehatan

kerja serta biaya material yang mendukung kelancaran kerja, misalnya: kapur, cat, alat penerang, dll.

Biaya tenaga kerja tidak langsung juga diperlukan untuk menunjang kelancaran proses produksi, misalnya biaya tenaga pemasaran, biaya tenaga administrasi dan personalia, biaya tenaga tenaga kalkulasi, biaya tenaga pengadaan dan penyimpanan material, biaya tenaga perancangan/persiapan/pengawasan produksi dan biaya lain-lain.

Sedangkan biaya-biaya tidak langsung lainnya yang timbul dan yang akan timbul dalam penyelesaian proses produksi tetapi tidak termasuk pada biaya material dan tenaga kerja, antara lain biaya pemeliharaan, biaya penyusutan, biaya penelitian pengembangan, biaya asuransi, biaya sewa, biaya pemasaran, biaya modal kerja atau bunga bank.

Dari ketiga komponen biaya dasar pertama, yaitu biaya material langsung dan biaya tenaga kinerja langsung merupakan biaya langsung, sedangkan penjumlahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung merupakan biaya produksi. Apabila biaya produksi ini ditambah rugi/laba operasi merupakan penjualan hasil produksi.

2.8 Simulasi *Monte Carlo*

2.8.1 Pengertian Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* adalah suatu metode untuk mengevaluasi model deterministik dengan menggunakan sekumpulan bilangan acak (*random number*) sebagai masukan. Metode *Monte Carlo* hanyalah salah satu metode yang dapat dilakukan untuk melakukan analisa propagasi ketidakpastian, dimana tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana variasi acak dari parameter masukan peluang kegagalan atau $F(x)$ dari unit atau sistem yang mempengaruhi kehandalan dari sistem yang sedang dimodelkan. Ilustrasi variasi acak dari parameter masukan dan pengaruh terhadap kehandalan ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Wittwer, 2004). Variabel masukan $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ adalah peluang kegagalan komponen, dan masing-masing mempunyai distribusi sembarang satu sama lain tidak harus sama. Di bidang manajemen, data yang dihasilkan dari simulasi *Monte*

Carlo (Y_2) dapat direpresentasikan sebagai distribusi peluang atau diubah menjadi prediksi kehandalan.

Kehandalan dan *maintainability* alat atau sistem dapat disimulasikan dengan menggunakan *random number* yang dihasilkan dari *Excel's RAND ()*. Fitur ini dapat digunakan untuk menghasilkan bilangan acak (*random number*) antara 0 dan 1.



Gambar 2.6 Skema Prinsip Dasar Simulasi Monte Carlo (Wittwer, 2004)

2.8.2 Manfaat dan Kegunaan Simulasi Monte Carlo

Metode Monte Carlo mensimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai random untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan.

Dalam bidang manajemen proyek simulasi Monte Carlo digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Project Management Institute, 2004).

Pada umumnya literatur-literatur manajemen proyek menempatkan simulasi Monte Carlo dibawah topik manajemen resiko, atau kadang berada pada topik manajemen waktu dan manajemen biaya. Project Management Institute (2004) menerapkan sebuah pendekatan standar manajemen resiko yang meliputi enam proses; Perencanaan Manajemen Resiko, Identifikasi Resiko, Kualifikasi Resiko, Kuantifikasi Resiko, Perencanaan Respon Resiko, dan Pemantauan &

Evaluasi Resiko, simulasi Monte Carlo ditempatkan sebagai bagian dari proses Kuantifikasi Resiko.

Simulasi Monte Carlo dapat menjadi alat yang handal bagi manajer proyek dalam menganalisa ketidakpastian. Hasil dari simulasi ini dapat membantu manajer proyek dalam menentukan ekspektasi durasi dan pembiayaan proyek yang lebih realistik. Dengan kemampuan komputer dan *software* yang semakin berkembang, simulasi Monte Carlo ini selanjutnya lebih banyak digunakan oleh manajer proyek.

Meskipun simulasi Monte Carlo adalah sebuah metode yang sangat bermanfaat untuk diaplikasikan dalam bidang manajemen proyek, simulasi jadwal proyek (McCabe, 2003) dan simulasi perataan sumberdaya (Hanna & Ruwanpura, 2007) contohnya, dalam praktiknya metode ini belum banyak digunakan oleh para manajer proyek kecuali disyaratkan oleh organisasi atau perusahaannya. Kwak & Ingall (2007) berpendapat bahwa alasan utama simulasi Monte Carlo jarang digunakan oleh kebanyakan manajer proyek adalah: kurangnya pemahaman terhadap metode Monte Carlo dan statistik; alih-alih sebagai manfaat, manajer proyek umumnya menganggap penggunaan metode ini lebih sebagai beban terhadap organisasi atau perusahaannya. Alasan lainnya adalah *software* khusus simulasi Monte Carlo pada proyek baru ada belakangan ini, *@RISK for Project* (www.palisade.com) adalah salah satunya, *software* ini tersedia dalam bentuk *add-in* pada program *Microsoft Project*. Meskipun demikian, *Microsoft Excel* sebenarnya dapat digunakan untuk simulasi Monte Carlo dengan menggunakan fungsi RAND.

2.9 Software QM for Windows

Software ini dirancang oleh Howard J. Weiss tahun 1996 untuk membantu menyusun prakiraan anggaran untuk produksi bahan baku menjadi produk jadi atau setengah jadi pada proses fabrikasi. *QM for Windows* merupakan *software* yang dirancang untuk melakukan perhitungan yang diperlukan pihak manajemen untuk mengambil keputusan di bidang produksi dan pemasaran. *Software* ini juga tersedia di berbagai bidang, produksi dan manajemen operasi, metode kuantitatif,

ilmu manajemen, serta operasi penelitian. *QM for Windows* dirancang untuk lebih memahami bidang ini.

Untuk proses perencanaan dan manajemen sebuah proyek tentu aplikasi QM ini akan sangat membantu. Berikut adalah langkah manajemen proyek pada QM adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan data durasi kegiatan atau pekerjaan.
Pada saat proses memasukkan data kegiatan, dipastikan urutan pekerjaan dimasukkan dengan urutan pekerjaan yang harus lebih dulu dikerjakan diletakkan pada urutan atas.
2. Mengisikan kolom *activity time* awal dan pekerjaan pendahulu (*Precedence*).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pelaksanaan pengerjaan proyek telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, penelitian-penelitian tersebut antara lain sebagai berikut:

Soemantri (2005) melakukan penelitian tentang Studi perencanaan waktu dan biaya proyek penambahan ruang kelas di Politeknik Manufaktur pada PT. Haryang Kuning. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif analisis, dimana data-data yang dikumpulkan oleh penulis dengan cara observasi langsung ke perusahaan dan ke lokasi proyek, wawancara, dan studi literatur, yang kemudian dianalisis sehingga didapatkan gambaran mengenai perencanaan waktu dan biaya yang dapat dipertimbangkan dan dapat diterapkan dalam perusahaan.

(Christian et al, 2013) melakukan penelitian tentang studi kasus penerapan metode PERT pada proyek gudang. Pengamatan lapangan dilakukan untuk mendapatkan *Time Schedule*, jumlah pekerja lapangan, Gambar Teknik proyek Gudang, dan ta tb untuk metode PERT. Dari pengolahan data didapatkan tm yang digunakan penghitungan durasi metode PERT. Dengan durasi perhitungan metode PERT, didapatkan durasi pembangunan gudang versi metode PERT.

(Suputra, 2011) melakukan penelitian tentang Penjadwalan Proyek dengan *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Ranked Position Weight Method*

(RPWM), proses alokasi dan perataan sumber daya berdasarkan tingkat *positional weight* (bobot posisi) dari setiap aktivitas. Bobot posisi dari setiap aktivitas dapat didefinisikan sebagai jumlah dari durasi suatu aktivitas ditambah dengan jumlah total durasi seluruh aktivitas yang mengikuti aktivitas tersebut. Nilai bobot posisi dari suatu aktivitas menunjukkan tingkat kepentingan (*degree of importance*) sebuah aktivitas, relatif terhadap aktivitas yang lain. Pengaruh dari kondisi-kondisi pelaksanaan terhadap kegiatan proyek tetap diakomodasikan pada penyusunan *precedence logic* (hubungan ketergantungan antar aktivitas). Pada intinya, aktivitas dengan bobot posisi yang lebih besar memiliki tingkat prioritas yang lebih tinggi untuk mengalami proses alokasi dan perataan sumber daya.

(Bambang, 2007) melakukan penelitian tentang aplikasi simulasi untuk peramalan permintaan dan pengelolaan persediaan yang bersifat probabilistik. Salah satu fungsi penting dalam aspek perencanaan dan pengendalian produksi dalam penelitian ini adalah pengelolaan persediaan bahan baku. Namun demikian, pengelolaan persediaan bahan baku tidak mudah dilaksanakan dalam hal ini, khususnya bila ternyata menghadapi beberapa situasi probabilistik. Dua aspek yang sering memiliki karakteristik probabilistik adalah jumlah permintaan dan waktu datangnya permintaan. Salah satu metode sederhana untuk mengatasi hal itu, antara lain dapat dilakukan dengan menetapkan suatu model persediaan yang dapat digunakan sebagai acuan walaupun tetap menghadapi kondisi probabilistik. Salah satu alat yang dapat digunakan untuk melakukan prediksi ini, antara lain dengan menggunakan teknik simulasi. Model simulasi yang dapat digunakan antara lain Simulasi Monte Carlo.

(Adnan, 2010) melakukan penelitian tentang aplikasi simulasi monte carlo dalam estimasi biaya proyek. Pada penelitian ini mengkualifikasi akibat-akibat dari resiko dan ketidakpastian yang umum terjadi dalam jadwal dan biaya sebuah proyek pembangunan. Tulisan dalam penelitian ini mengaplikasikan metode Monte Carlo dalam mensimulasikan pembiayaan sebuah proyek dengan menggunakan program *Microsoft Excel*. Akurasi hasil ditunjukkan oleh tingkat kesalahan yang hanya sebesar 0,56%. Pada tulisan ini dapat digunakan untuk memprediksi biaya total sebuah proyek berdasarkan probabilitas yang diinginkan.

2.11 Posisi Penelitian

Berdasarkan hasil analisa, maka posisi penelitian pada penulisan ini adalah dengan menggunakan CPM dengan mempertimbangkan durasi *random number* dengan simulasi *monte carlo*. Penulis menggunakan CPM yang merupakan jenis *network planning* dimana kegiatan-kegiatan yang membentuk lintasan kritis. Yang dimaksud lintasan kritis disini adalah kegiatan yang tidak dapat lagi ditunda pelaksanaannya.

CPM digunakan untuk memperkiraan waktu kegiatan suatu proyek dengan pendekatan deterministik, sementara PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan.

Persamaan kedua macam *network planning* ini adalah visualisasinya berbentuk diagram. Manfaat yang dapat diambil dari CPM adalah terletak pada waktu dan peristiwanya, sedangkan manfaat pada PERT adalah terletak pada biaya dan kegiatannya. Untuk memudahkan penulis membuat visualisasi bentuk diagram seperti yang telah dijelaskan tersebut di atas, maka penulis menggunakan perangkat lunak *QM for Windows*.

Berdasarkan hasil analisa tersebut, maka penulis menggunakan CPM untuk fokus pada peristiwa tiap kegiatan (*event oriented*) untuk menghasilkan lintasan kritis, yang mana dari lintasan kritis tersebut dijadikan acuan untuk melakukan *Monte Carlo Simulation*. Metode ini seringkali dijumpai pada proyek konstruksi bangunan sipil atau bangunan darat saja, jarang digunakan pada proyek konstruksi bangunan laut. Dan dari dasar tersebut diatas, maka penulis menerapkan simulasi ini dalam durasi percepatan penjadwalan pembangunan proyek kapal *Landing Craft Utility* untuk menentukan waktu dan biaya serta tingkat keyakinan dalam penyelesaian proyek tersebut.

BAB III

METODE PENELITIAN

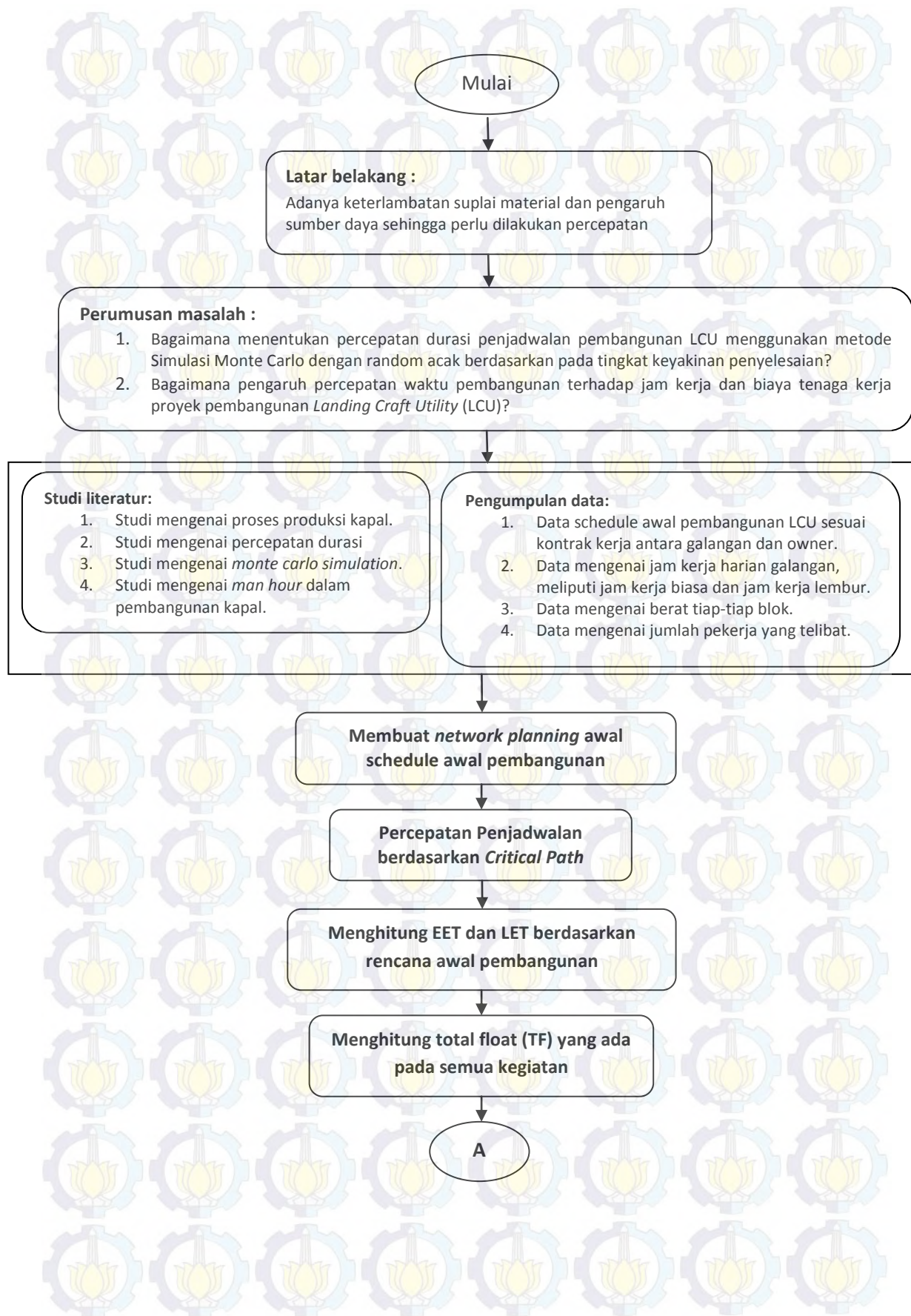
Metodologi adalah sekumpulan peraturan, kegiatan dan prosedur yang digunakan untuk menganalisis teoritis mengenai suatu cara atau metode. Penelitian merupakan suatu penyelidikan yang sistematis untuk meningkatkan sejumlah pengetahuan. Pada bab ini akan diuraikan langkah-langkah pendekatan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang telah dirumuskan dalam tujuan penelitian.

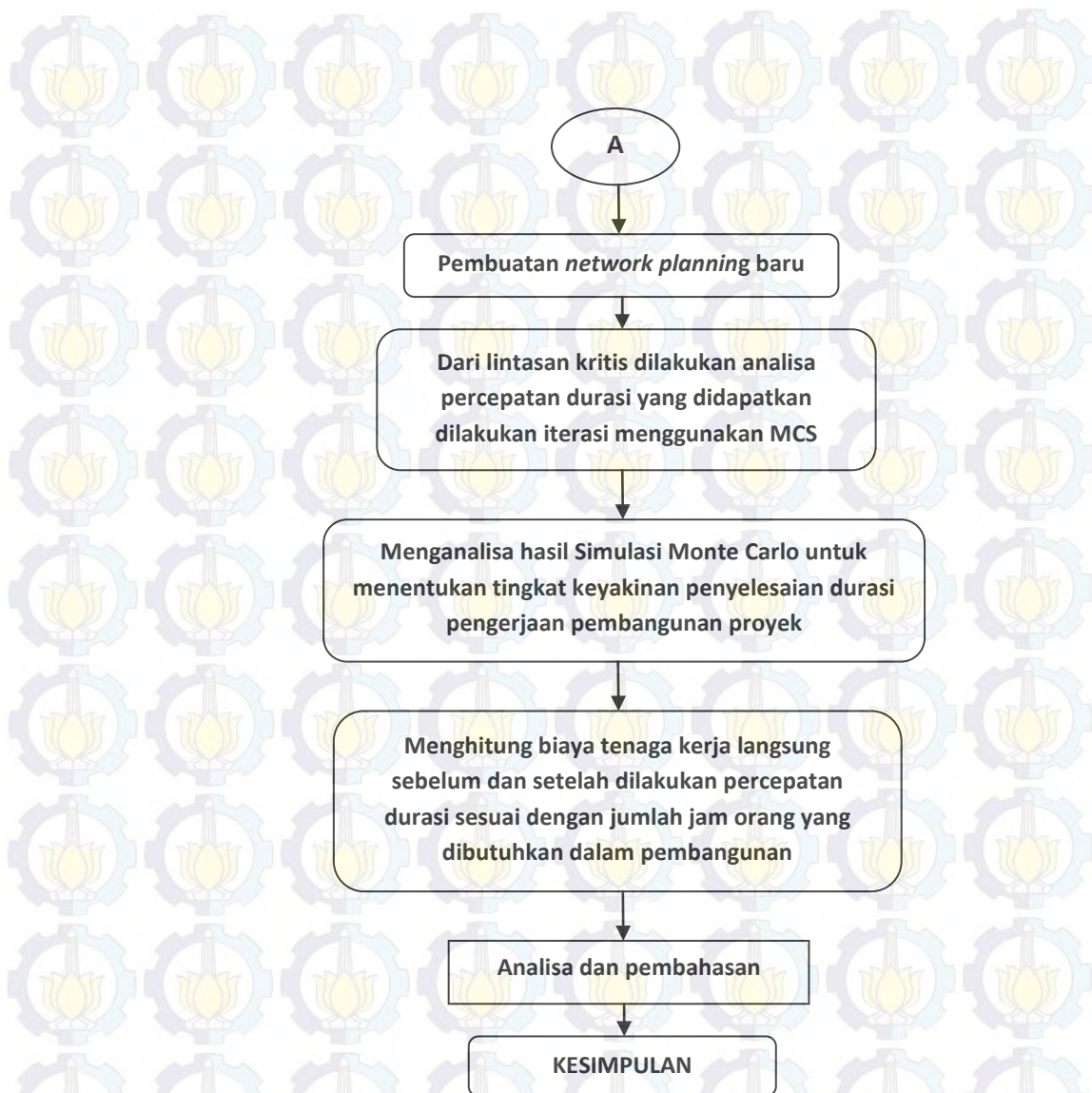
Hakekat penelitian dapat dipahami dengan mempelajari berbagai aspek yang mendorong penelitian untuk melakukan penelitian. Setiap orang mempunyai motivasi yang berbeda, di antaranya dipengaruhi oleh tujuan dan profesi masing-masing. Motivasi dan tujuan penelitian secara umum pada dasarnya adalah sama, yaitu bahwa penelitian merupakan refleksi dari keinginan manusia yang selalu berusaha untuk mengetahui sesuatu. Keinginan untuk memperoleh dan mengembangkan pengetahuan merupakan kebutuhan dasar manusia yang umumnya menjadi motivasi untuk melakukan penelitian

Proses penelitian merupakan proses yang terstruktur sehingga diperlukan aturan dan langkah-langkah tertentu untuk mendapatkan suatu hasil penelitian secara benar. Dengan demikian maka proses penelitian dapat dipahami oleh pihak lain secara sistematis. Adapun langkah-langkah yang dilakukan secara garis besar dikelompokkan menjadi empat tahapan utama adalah sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi masalah
2. Studi pustaka
3. Pengambilan data
4. Analisa data dan pembahasan
5. Penarikan kesimpulan dan saran

Tahapan tersebut yang diaplikasikan pada penelitian pada kapal *Landing Craft Utility* (LCU) dapat dilihat pada diagram alir penelitian yang ditunjukkan seperti yang terlihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Flowchart Tahap Pengerjaan Tesis.

3.1. Tahap Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat dirumuskan pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menentukan percepatan durasi penjadwalan pembangunan LCU menggunakan metode Simulasi *Monte Carlo* dengan random acak berdasarkan tingkat keyakinan penyelesaian pengerjaan?
2. Bagaimana pengaruh percepatan waktu terhadap jam kerja dan biaya jam kerja proyek pembangunan LCU?

Tahap selanjutnya adalah analisa dari permasalahan yang ada, sebelumnya perlu dilakukan pemahaman yang mendalam mengenai: metode pembangunan kapal dan *network planning*, prosedur pemampatan waktu menggunakan metode CPM dengan penjadwalan probabilistik menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Studi kepustakaan awal dilakukan untuk menggali informasi sebanyak mungkin mengenai ruang lingkup tugas akhir ini, sehingga penyelesaian permasalahan dapat dilakukan secara tepat, terarah dan terperinci.

3.2. Studi Kepustakaan

Guna mendukung literatur-literatur yang memiliki hubungan dengan penulisan tugas akhir ini, maka diperlukan suatu studi kepustakaan untuk mendukung pengembangan wawasan dan analisa tersebut. Adapun studi kepustakaan yang digunakan antara yaitu:

1. Studi mengenai proses produksi kapal
2. Studi mengenai percepatan waktu
3. Studi mengenai *monte carlo simulation* dalam pelaksanaan proyek
4. Studi mengenai penggunaan jam orang pada pembangunan kapal

3.3. Pengambilan Data

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penyelesaian Tesis ini. Data-data primer diperoleh langsung dari pihak-pihak yang berkaitan dengan proses pembangunan *Landing Craft Utility* melalui survey langsung dan wawancara. Sedangkan data sekunder didapat dengan cara mencatat arsip dan menggandakannya (*soft copy* dan *hard copy*). Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data *schedule* awal pembangunan *Landing Craft Utility* sesuai kontrak kerja antara galangan, konsultan dan *owner*.
2. Data mengenai waktu jam kerja harian di galangan, meliputi jam kerja biasa dan jam kerja lembur.
3. Data mengenai berat-berat tiap plat.
4. Data mengenai jumlah pekerja yang terlibat.
5. Data mengenai tarif jam orang.

6. Data mengenai fasilitas produksi (mesin dan peralatan) yang dimiliki galangan kapal.

3.4. Analisis Data dan Pembahasan

Pada tahap ini dimulai dengan membuat jaringan kerja pada pelaksanaan proyek pembangunan LCU, selanjutnya dapat diketahui lintasan kritis yang melalui kegiatan tersebut sehingga perlu adanya analisa percepatan pada kegiatan-kegiatan dalam lintasan kritis. Langkah selanjutnya adalah dengan membuat model simulasi, yang dimulai dengan melakukan pemodelan simulasi kondisi awal yang sedang diterapkan oleh perusahaan (*existing condition*) dan dilanjutkan dengan menguji apakah model simulasi tersebut sudah sesuai dengan kondisi nyata atau belum, kemudian dilakukan negosiasi untuk mendapatkan durasi yang sesuai dengan tingkat keyakinan pengerjaan penyelesaian proyek pembangunan LCU, jika sesuai maka tahap pembuatan model simulasi dilanjutkan ke tahap berikutnya.

Model simulasi tahap awal yang sudah sesuai dengan kondisi nyata, maka dilanjutkan dengan menjalankan sistem tersebut beberapa kali iterasi untuk mendapatkan model simulasi yang benar-benar valid. Adapun cara yang dilakukan adalah dengan mengeluarkan angka random lalu memasang nilai pada parameter atau data yang sudah disusun dengan angka random yang ada.

Karena alasan praktis, metode yang sering digunakan untuk menghasilkan angka random antara 0 dan 1 dalam simulasi disebut dengan *multiplicative congrueant method* (Taha, 1997). Angka yang dihasilkan oleh metode tersebut sebenarnya tidak dapat dikatakan sebagai angka random yang sebenarnya karena menggunakan operasi aritmetika yang hasilnya dapat diketahui sehingga lebih tepat jika dikatakan sebagai angka random semu (*pseudorandom numbers*).

Pada tahap simulasi dimulai dengan membuat skenario durasi percepatan sesuai dengan beberapa latar belakang. Jika telah dibuatkan beberapa skenario, maka akan dibandingkan dengan kondisi awal dari segi durasi. Setelah mendapatkan hasil perbandingan dari kondisi awal dan kondisi percepatan penjadwalan, maka hal-hal tersebut dapat disimpulkan dalam suatu kesimpulan.

Selanjutnya adalah dengan adanya simulasi percepatan menggunakan *Monte Carlo* tersebut yang sudah didapatkan, maka dapat diketahui bagaimana tingkat keyakinan pengaruh percepatan tersebut terhadap sumber daya galangan terkait dengan jam kerja maupun biaya tenaga kerja.

3.5. Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini akan dijelaskan beberapa kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan. Melakukan analisa jam kerja serta biaya tenaga kerja yang diperlukan pada jadwal yang telah dipercepat berdasarkan perbandingan setelah dipercepat dan hasil analisa pada jadwal awal. Yang mana dari data deterministik tersebut, didapatkan berdasarkan analisa penjadwalan probabilistik menggunakan Simulasi *Monte Carlo*. Sehingga dapat ditarik beberapa kesimpulan dari penelitian ini, serta dapat disusun saran-saran yang berguna bagi pembaca, berguna bagi peningkatan kinerja perusahaan dan bagi pengembangan penelitian ini di masa depan.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Ukuran Utama *Landing Craft Utility* (LCU)

Landing Craft Utility adalah sebuah kapal yang mana fungsinya adalah sebagai kapal pengantar. Dimana yang biasanya diangkut adalah truk dan perahu yang lebih kecil. Kapal ini menghubungkan kapal induk dan daratan pantai. Kapal induk tidak bisa menjangkau daratan pantai karena akan kandas, sehingga diperlukan kapal yang lebih kecil untuk turun ke dataran pantai, disitulah *Landing Craft Utility* ini digunakan. Data ukuran kapal yang didapatkan dari PT. Citra Mas selaku konsultan kapal LCU berdasarkan pada permintaan *owner*. Ukuran kapal tersebut yang akan dibangun pada penyelesaian Tesis ini adalah sebagai berikut:

<i>Ship's name</i>	: <i>Landing Craft Utility</i> 300 DWT
<i>Length Over All (LOA)</i>	: 43.11 m
<i>Length Between Perpendiculars (LPP)</i>	: 39.00 m
<i>Breadth Moulded (B)</i>	: 10.50 m
<i>Depth Moulded (H)</i>	: 3.25 m
<i>Draught (T)</i>	: 1.80 m

4.2 Proses Pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU)

4.2.1 *Block Division Landing Craft Utility*

Penentuan metode dalam proses pembangunan suatu kapal juga dilakukan. Fasilitas yang dimiliki pada suatu galangan dijadikan sebagai dasar dalam penentuan metode pembangunan kapal. Metode pembangunan yang diaplikasikan pada *Landing Craft Utility* adalah metode blok. Metode blok merupakan suatu sistem dalam proses pembangunan kapal dengan cara melakukan pembagian lambung kapal menjadi beberapa bagian blok-blok. Sistem blok disini adalah melaksanakan lebih awal pada tahap *assembly* dengan merakit atau menggabungkan terlebih dahulu sampai dengan pengelasan pada pelataran *assembly* untuk mengurangi jumlah pekerjaan di dalam *dock* atau di atas *bert*. Tujuan dari penggunaan metode ini adalah untuk mempermudah pembangunan

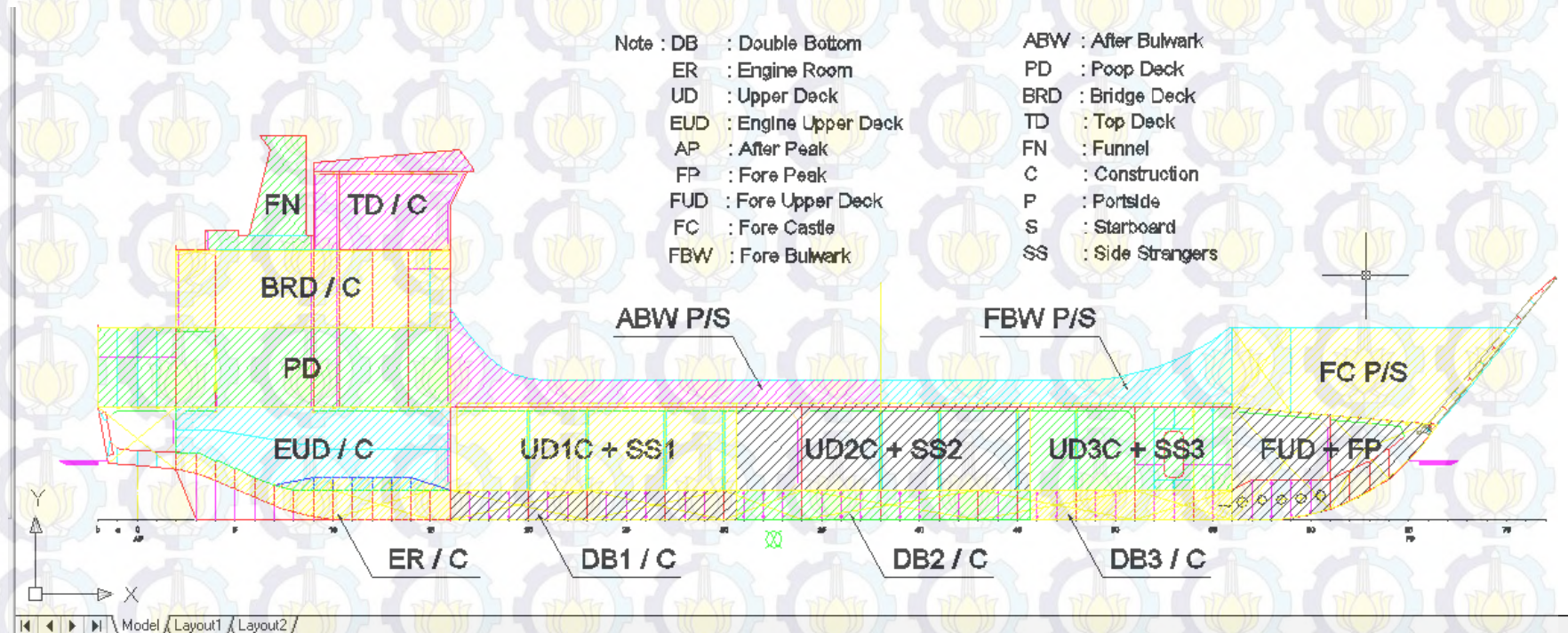
kapal sesuai fasilitas galangan yang ada. Penerapan sistem blok pada produksi kapal memungkinkan pembuatan bagian-bagian konstruksi kapal dapat dilakukan secara bersamaan tanpa harus menunggu pekerjaan lainnya.

Dalam pengerjaan Tesis ini pengerjaan pembangunan pada bagian *hull construction* merupakan hal yang penting dikarenakan pada pengerjaan bagian ini dilakukan pertama kali. Sehingga perlu dilakukan percepatan penjadwalan pembangunan pada bagian ini agar sesuai dengan kesepakatan awal. Rincian waktu proses penyelesaian pembangunan *Landing Craft Utility* adalah sebagai berikut:

Penyelesaian pelaksanaan *Hull Construction* yang direncanakan 90 hari mengalami keterlambatan kurang lebih menjadi 102 hari. Jadi berkaitan dengan hal ini maka total waktu penyelesaian pembangunan kapal mengalami keterlambatan selama 12 hari. Sehingga harus dilakukan percepatan selama 12 hari untuk memenuhi target pembangunan konstruksi *Hull Construction* selama 90 hari sesuai dengan perjanjian kerja.

Agar penyelesaian pembangunan kapal tidak terlambat (sesuai kontrak), maka diambil alternatif perubahan rencana waktu penyelesaian fabrikasi *Hull Construction* dipercepat 12 hari. Proses pembangunan kapal memiliki beberapa faktor yang sangat berpengaruh. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah: jam orang, durasi, serta tarif pekerja. Tiga faktor tersebut memiliki ketergantungan antara satu dengan yang lain. Kunci paling utama untuk menekan dalam biaya adalah dengan tidak banyak menggunakan jam orang.

Proses pembangunan badan kapal (*Hull Construction*) dimulai dari pekerjaan pertama, yakni pekerjaan *Double Bottom 1* (DB1), setelah selesai DB1 dilanjutkan dengan pekerjaan *Double Bottom 2* (DB2), *Engine Room* (ER), dan *Upper Deck 1* (UD1) yang dilakukan secara bersamaan. Penentuan hubungan antar aktivitas badan kapal *Landing Craft Utility* seperti yang dijelaskan tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada dasarnya tahapan pembangunan kapal dimulai dari pekerjaan bawah, kemudian dilanjutkan pekerjaan ke kanan atau ke kiri, setelah dasar selesai dibuat selanjutnya dilanjutkan pekerjaan ke atas hingga ke pekerjaan *Top Deck* (TD) dan *Funnel* (FN).

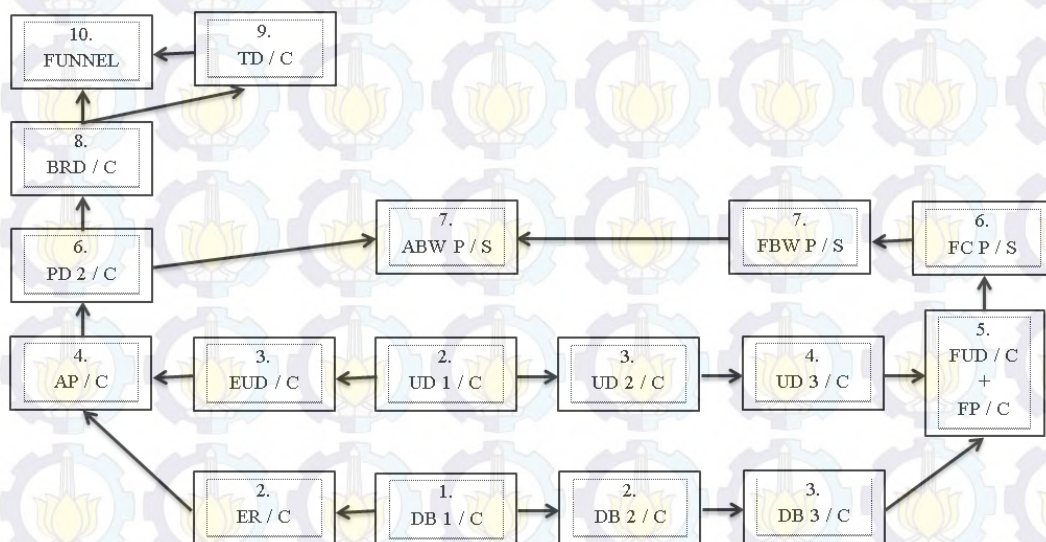


Gambar 4.1 Erection Block Landing Craft Utility (LCU)

4.2.2 Penentuan Hubungan Antar Aktivitas Konstruksi Hull Construction

Dalam pembangunan kapal tipe LCU terkait dengan judul Tesis ini yang hanya membahas proses penyelesaian pembangunan badan kapalnya saja (*Hull Construction*), diawali dengan pembagian blok-blok badan kapal LCU beserta urutan aktivitas ereksi dari setiap blok seperti yang terlihat pada Gambar 4.2. Dalam setiap blok badan kapal terdiri dari elemen-elemen konstruksi dalam skala seksi-seksi blok. Sehingga urutan pembangunan setiap blok konstruksi badan kapal terdiri dari:

- a) “*Fabrikasi*” seksi-seksi blok.
- b) “*Assembly*” dari setiap seksi sehingga menjadi blok konstruksi badan kapal (*Hull Construction*).
- c) “*Erection*” merupakan proses perakitan pembangunan seksi-seksi blok tersebut menjadi blok. Setelah blok-blok konstruksi badan kapal selesai dibuat, maka tahap berikutnya dilaksanakan ereksi dari/antar blok-blok badan kapal.



Gambar 4.2 Alur *Erection Block* Pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU)

Sumber: PT. Citra Mas

Anak panah menggambarkan kegiatan, arah anak panah menunjukkan arah kegiatan sehingga dapat diketahui kegiatan yang mendahului ataupun kegiatan

yang mengikutinya. Simbol kotak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 menunjukkan peristiwa/event, setiap kegiatan selalu dimulai dengan peristiwa dan diakhiri dengan peristiwa juga.

Hubungan antar aktivitas/kegiatan pada pengerjaan proyek LCU ini diperlihatkan hubungan-hubungan antar kegiatan sebagaimana berikut:

- Peristiwa 3 baru bisa dimulai apabila peristiwa 2 selesai dikerjakan.
- Peristiwa 9 dan 10 baru dapat dimulai apabila 8 selesai dikerjakan.
- Peristiwa 5 baru dapat dimulai apabila 3 dan 4 selesai dikerjakan.
- Peristiwa 4 baru bisa dimulai apabila 2 dan 3 selesai dikerjakan.
- Peristiwa 2 dan 3 dapat dikerjakan bersama-sama, peristiwa DB2 ke DB3 dan peristiwa UD1 ke UD2.

4.2.3 Penentuan Total Schedule

Dasar penentuan total schedule secara keseluruhan adalah 12 bulan (387 hari kerja), dalam hal ini ditentukan oleh pemilik (*owner requirement*). Apabila dirinci secara garis besar total schedule/waktu penyelesaian terdiri dari:

- a. Waktu penyelesaian pembangunan konstruksi badan kapal 102 hari
- b. Waktu pengadaan permesinan (mesin induk, mesin bantu, pompa-pompa, crane, peralatan navigasi & komunikasi, winchlass (mesin jangkar) yang pada umumnya masih harus import adalah 6 bulan.

Pompa, lampu, alat navigasi, alat keselamatan dan yang berhubungan dengan electrical digerakkan oleh mesin bantu, sedangkan mesin induk hanya menggerakkan propeller untuk menjalankan kapal

- c. Waktu instalasi dan commissioning point b adalah 3 bulan

Waktu total penyelesaian pembangunan konstruksi badan kapal, materialnya terdiri dari komponen plat baja dan profil baja yang diperoleh dari produksi dalam negeri. Berdasarkan pengalaman pekerjaan pembangunan konstruksi badan kapal dapat diselesaikan dalam waktu 102 hari kerja.

4.2.4 Network Planning Pembangunan LCU

Pengelolaan proyek-proyek berskala besar yang berhasil memerlukan perencanaan, penjadwalan, dan pengordinasian yang hati-hati dari berbagai

aktivitas yang saling berkaitan. Untuk itu kemudian dikembangkan prosedur-prosedur formal yang didasarkan atas penggunaan jaringan kerja dan teknik-teknik *network*.

Pada proses percepatan durasi pengerjaan penting adanya suatu *network planning* agar dapat melakukan percepatan sesuai dengan jadwal suatu proyek. Syarat yang harus dipenuhi dalam pembangunan *Landing Craft Utility 300 DWT* untuk dapat membuat suatu jaringan kerja (*network planning*) adalah dengan mengetahui macam-macam aktivitas, *dependency* (hubungan ketergantungan) antara aktivitas satu dan aktivitas lainnya.

Hubungan ketergantungan antara tiap kegiatan dapat diketahui dengan memperhatikan urutan ereksi masing-masing (*erection network*) dari suatu kapal yang akan dibangun. *Erection network* adalah suatu urutan proses pembangunan kapal, yang mana pada *erection network* ini telah dibuat urutan proses pembangunan kapal mulai dari proses fabrikasi, assembly, hingga proses *erection*.

Jenis-jenis aktivitas, ketergantungan (*dependency*), volume/bobot aktivitas dan durasi masing-masing kegiatan yang digunakan sebagai dasar dalam pembuatan *network planning* pembangunan kapal *Landing Craft Utility 300 DWT* disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aktivitas, *Dependency*, Volume Aktivitas dan Durasi LCU

No	Nama	Aktivitas	Ketergantungan	Volume/ Bobot Aktivitas (%)	Durasi (hari)
1	A	Fabrication DB1	-	1.55	6
		Seksi Open Floor			
		Seksi Solid Floor			
		Seksi Watertight Floor			
		Seksi Girder			
		Seksi Tank Top			
2	B	Assembly DB1	A	3.62	14
		Assembly Seksi Open Floor			
		Assembly Seksi Solid Floor			
		Assembly Seksi Watertight Floor			

		Assembly Seksi Girder			
		Assembly Seksi Tank Top			
3	C	Fabrication DB2 + ER	A	1.55	6
		Seksi Open Floor			
		Seksi Solid Floor			
		Seksi Watertight Floor			
		Seksi Girder			
		Seksi Tank Top			
		Seksi dudukan mesin induk			
4	D	Assembly DB2 + ER	C	6.46	25
		Assembly Seksi Open Floor			
		Assembly Seksi Solid Floor			
		Assembly Seksi Watertight Floor			
		Assembly Seksi Girder			
		Assembly Seksi Tank Top			
		Assembly dudukan mesin induk			
5	E	Fabrication UD1	C	1.29	5
		Gading / wrang kecil & besar			
		Sekat + Penegar			
		Deck Girder			
		Deck Beam			
6	F	Assembly UD1	E	4.39	17
		Assembly Gading / wrang kecil & besar			
		Assembly Sekat + Penegar			
		Assembly Deck Girder			
		Assembly Deck Beam			
7	G	Fabrication DB3	C	1.55	6
		Seksi Open Floor			
		Seksi Solid Floor			
		Seksi Watertight Floor			
		Seksi Girder			
		Seksi Tank Top			

		Fabrication UD2			
		Gading / wrang kecil & besar			
		Sekat + Penegar			
		Deck Girder			
		Deck Beam			
8	H	Assembly DB3	G	4.13	16
		Assembly Seksi Open Floor			
		Assembly Seksi Solid Floor			
		Assembly Seksi Watertight Floor			
		Assembly Seksi Girder			
		Assembly Seksi Tank Top			
		Assembly UD2			
		Assembly Gading / ruang kecil & besar			
		Assembly Sekat + Penegar			
9	I	Erection DB1	B	1.29	5
		Persiapan & pengelasan Blok DB1			
10	J	Fabrication UD3	G	1.29	5
		Gading / ruang kecil & besar			
		Sekat + Penegar			
		Deck Girder			
		Deck Beam			
11	K	Assembly UD3	J	4.65	18
		Assembly Gading / wrang kecil & besar			
		Assembly Sekat + Penegar			
		Assembly Deck Girder			
		Assembly Deck Beam			
12	L	Fabrication EUD	E	1.29	5
		Seksi Gading / wrang kecil & besar			
		Seksi Dudukan mesin induk			
		Seksi Dudukan pompa			
		Seksi Sekat + Penegar			

		Seksi Deck + Deck Beam			
		Seksi Deck + Deck Girder			
13	M	Assembly EUD	L	4.65	18
		Assembly Seksi Gading / wrang kecil & besar			
		Assembly Seksi Dudukan mesin induk			
		Assembly Seksi Dudukan pompa			
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi Deck + Deck Beam			
		Assembly Seksi Deck + Deck Girder			
14	N	Erection DB2	D	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok DB2			
15	O	Fabrication AP	L	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi Gading / wrang			
		Seksi Konstruksi Buritan			
16	P	Assembly AP	O	2.84	11
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi Gading / wrang			
		Assembly Seksi Konstruksi Buritan			
17	Q	Fabrication FUD+FP	J	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi Open Floor			
		Seksi Solid Floor			
		Seksi Gading / wrang kecil & besar			
		Seksi Linggi Haluan			
18	R	Assembly FUD+FP	Q	2.33	9
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			

		Assembly Seksi Open Floor			
		Assembly Seksi Solid Floor			
		Assembly Seksi Gading / wrang kecil & besar			
		Assembly Seksi Linggi Haluan			
19	S	Fabrication PD	O	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Seksi Poop Deck (PD) + Girder + Beam			
20	T	Erection UD1	F	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok UD1			
21	U	Fabrication FC	Q	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi Gading / wrang			
		Seksi Konstruksi Haluan			
		Seksi Forecastle Deck + Girder + Beam			
22	V	Assembly FC	U	2.84	11
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi Gading / wrang			
		Assembly Seksi Konstruksi Haluan			
		Assembly Seksi Forecastle Deck + Girder + Beam			
23	W	Fabrication FBW	U	1.03	4
		Seksi Plat Bulwark			
		Seksi penegar-penegar plat bulwark			
24	X	Assembly FBW	W	2.84	11
		Assembly Seksi Plat Bulwark			
		Assembly Seksi penegar- penegar plat bulwark			

25	Y	Erection ER	I	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok ER			
26	Z	Erection EUD	M, T	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok EUD			
27	AA	Erection DB3 + UD2	N, H	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok DB3 + UD2			
28	AB	Fabrication ABW	W	1.03	4
		Seksi Plat Bulwark			
		Seksi penegar-penegar plat bulwark			
29	AC	Erection UD3	AA, K	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok UD3			
30	AD	Erection AP	P, Y, Z	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok AP			
31	AE	Assembly PD	S, AD	3.36	13
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Assembly Seksi Poop Deck (PD) + Girder + Beam			
32	AF	Erection FUD+FP	R, AC	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok FUD + FP			
33	AG	Fabrication BRD	S, AD	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Seksi Bridge Deck + Girder + Beam			

34	AH	Assembly BRD	AG	3.36	13
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Assembly Seksi Bridge Deck + Girder + Beam			
35	AI	Erection FC	V, AF	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok FC			
36	AJ	Erection FWB	X, AI	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok FBW			
37	AK	Fabrication TD	AG	1.29	5
		Seksi Sekat + Penegar			
		Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Seksi Top Deck + Girder + Beam			
		Seksi Koncole Alat Navigasi/Komunikasi			
38	AL	Assembly TD	AK	4.39	17
		Assembly Seksi Sekat + Penegar			
		Assembly Seksi partisi-partisi ruangan-ruangan			
		Assembly Seksi Top Deck + Girder + Beam			
		Assembly Seksi Koncole Alat Navigasi/Komunikasi			
39	AM	Fabrication FN	AL	1.29	5
		Seksi Konstruksi dudukan Funnel			
		Seksi Konstruksi Funnel			
40	AN	Assembly FN	AM	3.10	12
		Assembly Seksi Konstruksi dudukan Funnel			
		Assembly Seksi Konstruksi Funnel			

41	AO	Assembly ABW	AB, AJ	1.29	5
		Assembly Seksi Plat Bulwark			
		Assembly Seksi penegar-penegar plat bulwark			
42	AP	Erection PD	AE	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok PD			
43	AQ	Erection ABW	AP, AO, AH	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok ABW			
44	AR	Erection BRD	AP, AO, AH	1.55	6
		Persiapan & pengelasan Blok BRD			
45	AS	Erection TD	AQ	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok TD			
46	AT	Erection FN	AS	1.81	7
		Persiapan & pengelasan Blok FN			
		TOTAL		100.00	387

Sebagaimana terlihat pada Tabel 4.1, maka dapat kita buat *network diagram* awal pembangunan LCU 300 DWT (Lampiran C). Setelah membuat *network diagram*, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa waktu pelaksanaan kegiatan. Tujuannya adalah untuk mengetahui *earliest even time* (EET) dan *latest even time* (LET) dari sebuah *network diagram* secara menyeluruh sesuai dengan jaringan kerja yang telah dibuat sebelumnya.

EET merupakan suatu peristiwa yang mungkin terjadi dan tidak akan mungkin terjadi sebelumnya. Kegunaan diterapkan EET suatu peristiwa adalah untuk mengetahui *earliest even time* dimulainya pelaksanaan kegiatan-kegiatan yang keluar dari peristiwa. Dipilih angka yang terbesar untuk menunjukkan peristiwa yang paling cepat dikerjakan.

Sedangkan LET merupakan saat yang paling lambat suatu peristiwa yang bersangkutan boleh terjadi dan tidak boleh terjadi sesudahnya, sehingga memungkinkan suatu proyek selesai pada waktu yang telah direncanakan. Kegunaan diterapkan LET suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling lambat selesainya semua kegiatan yang menuju peristiwa yang bersangkutan. Dipilih angka yang terkecil untuk menunjukkan peristiwa yang paling lambat dilaksanakan.

Berdasarkan penjelasan yang telah dijelaskan tersebut di atas, maka hasil perhitungan EET dan LET sebagaimana yang terlihat pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Perhitungan *Earliest Even Time* (EET)

Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan
EET ₀	-	-	0
EET ₁	0	6	6
EET ₂	6	14	20
EET ₃	6	6	12
EET ₄	12	25	37
EET ₅	12	5	17
EET ₆	17	17	34
EET ₇	12	6	18
EET ₈	37	6	43
EET ₈	18	16	34
EET ₉	18	5	23
EET ₁₀	43	6	49
EET ₁₀	23	18	41
EET ₁₁	17	5	22
EET ₁₂	20	5	25
EET ₁₃	22	5	27
EET ₁₄	22	18	40
EET ₁₄	34	6	40
EET ₁₅	25	6	31
EET ₁₅	40	6	46
EET ₁₅	27	11	38
EET ₁₆	23	5	28
EET ₁₇	49	7	56
EET ₁₇	28	9	37
EET ₁₈	28	5	33
EET ₁₉	27	5	32

Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan
EET ₁₉	46	6	52
EET ₂₀	52	5	57
EET ₂₁	56	6	62
EET ₂₁	33	11	44
EET ₂₂	33	4	37
EET ₂₃	62	7	69
EET ₂₃	37	11	48
EET ₂₄	37	4	41
EET ₂₄	69	7	76
EET ₂₅	52	13	65
EET ₂₆	57	13	70
EET ₂₆	65	6	71
EET ₂₆	76	5	81
EET ₂₇	57	5	62
EET ₂₈	81	7	88
EET ₂₉	62	17	79
EET ₃₀	79	5	84
EET ₃₁	88	7	95
EET ₃₂	81	6	87
EET ₃₂	95	7	102
EET ₃₂	84	12	96

Dari hasil perhitungan nilai EET di atas, didapatkan nilai EET peristiwa 12 adalah 25. Nilai 25 disini menunjukkan bahwa peristiwa 12 paling cepat dikerjakan pada hari ke 25. Dan nilai EET peristiwa 25 adalah 65 yang menunjukkan bahwa peristiwa 25 paling cepat dikerjakan pada hari ke 65.

Tabel 4.3 Perhitungan *Latest Even Time* (LET)

Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan
LET ₃₁	102	7	95
LET ₃₀	102	12	90
LET ₂₉	90	5	85
LET ₂₈	95	7	88
LET ₂₇	85	17	68
LET ₂₆	102	6	96
LET ₂₆	88	7	81
LET ₂₅	81	6	75
LET ₂₄	81	5	76
LET ₂₃	76	7	69

Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan
LET ₂₂	76	4	72
LET ₂₂	69	11	58
LET ₂₁	69	7	62
LET ₂₀	68	5	63
LET ₂₀	81	13	68
LET ₁₉	63	5	58
LET ₁₉	75	13	62
LET ₁₈	58	4	54
LET ₁₈	62	11	51
LET ₁₇	62	6	56
LET ₁₆	51	5	46
LET ₁₆	56	9	47
LET ₁₅	58	6	52
LET ₁₄	52	6	46
LET ₁₃	52	11	41
LET ₁₃	58	5	53
LET ₁₂	52	6	46
LET ₁₁	41	5	36
LET ₁₁	46	18	28
LET ₁₀	56	7	49
LET ₉	49	18	31
LET ₉	46	5	41
LET ₈	49	6	43
LET ₇	31	5	26
LET ₇	43	16	27
LET ₆	46	6	40
LET ₅	40	17	23
LET ₅	28	5	23
LET ₄	43	6	37
LET ₃	37	25	12
LET ₃	26	6	20
LET ₃	23	5	18
LET ₂	46	5	41
LET ₁	41	14	27
LET ₁	12	6	6
LET ₀	6	6	0

Dari hasil perhitungan nilai LET di atas, didapatkan nilai LET peristiwa 12 adalah 46. Nilai 46 disini menunjukkan bahwa peristiwa 12 paling lambat dilaksanakan pada hari ke 46.

4.3 Penerapan *Critical Path Method* (CPM)

Penentuan lintasan kritis pada *network planning* awal yang telah dibuat sebelumnya merupakan prosedur pertama kali yang harus dilakukan sebelum melakukan penerapan aplikasi *Critical Path Method*. Lintasan kritis tersebut dapat dilihat dengan cara melihat kegiatan yang memiliki nilai EET dan LET yang sama.

Berdasarkan hasil perhitungan EET dan LET tersebut di atas, maka dapat diketahui *event-event* mana saja yang mempunyai waktu kritis dalam pelaksanaannya. Berikut adalah *event* yang tergolong dalam *event* kritis:

<i>Event</i> nomor 1	<i>Event</i> nomor 10	<i>Event</i> nomor 24
<i>Event</i> nomor 3	<i>Event</i> nomor 17	<i>Event</i> nomor 26
<i>Event</i> nomor 4	<i>Event</i> nomor 21	<i>Event</i> nomor 28
<i>Event</i> nomor 8	<i>Event</i> nomor 23	<i>Event</i> nomor 31

Jalur kritis yang terbentuk adalah jalur kritis yang melalui kegiatan-kegiatan: A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT

Setelah didapatkan jalur kritis pada *network planning* yang telah dibuat sebelumnya, selanjutnya adalah dilakukan percepatan penjadwalan yang total durasi pembangunan LCU selama 102 hari dipercepat menjadi 90 hari sesuai dengan kesepakatan. Kemudian dilakukan perhitungan EET dan LET kembali dari setiap kegiatan untuk percepatan penjadwalan selama 12 hari, sehingga total durasi pembangunan menjadi 90 hari. Perhitungan EET dan LET ini merupakan prosedur untuk melakukan percepatan durasi. Pada jalur lintasan kritis, hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang dirubah durasinya. Hal ini dikarenakan hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang memiliki pengaruh terhadap percepatan total durasi dari suatu pembangunan.

4.4 Percepatan Umur Proyek

Untuk perhitungan durasi baru, dilakukan dengan cara mempercepat total durasi keseluruhan pembangunan dari 102 hari menjadi 90 hari. Berikut ini disajikan pada Tabel 4.4 hasil perhitungan LET dan EET untuk percepatan menjadi 90 hari.

Tabel 4.4 Nilai LET dan EET Tiap Kegiatan

Nama	Kegiatan	LET	EET
A	Fabrication DB1	-6	0
B	Assembly DB1	29	6
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	0	6
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	12
E	Fabrication UD1	11	12
F	Assembly UD1	28	17
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	14	12
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	31	18
I	Erection DB1	34	20
J	Fabrication UD3	19	18
K	Assembly UD3	37	23
L	Fabrication EUD	16	17
M	Assembly EUD	34	22
N	Erection DB2	31	37
O	Fabrication AP	29	22
P	Assembly AP	40	27
Q	Fabrication FUD+FP	34	23
R	Assembly FUD+FP	44	28
S	Fabrication PD	46	27
T	Erection UD1	34	34
U	Fabrication FC	39	28
V	Assembly FC	50	33
W	Fabrication FBW	46	33
X	Assembly FBW	57	37
Y	Erection ER	40	25
Z	Erection EUD	40	40
AA	Erection DB3 + Erection UD2	37	43
AB	Fabrication ABW	64	37
AC	Erection UD3	44	49
AD	Erection AP	46	46
AE	Assembly PD	63	52
AF	Erection FUD+FP	50	56
AG	Fabrication BRD	51	52
AH	Assembly BRD	69	57
AI	Erection FC	57	62
AJ	Erection FWB	64	69
AK	Fabrication TD	56	57
AL	Assembly TD	73	62
AM	Fabrication FN	78	79
AN	Assembly FN	90	84

Nama	Kegiatan	LET	EET
AO	Assembly ABW	69	76
AP	Erection PD	69	65
AQ	Erection ABW	76	81
AR	Erection BRD	90	81
AS	Erection TD	83	88
AT	Erection FN	90	95

Nilai LET dan EET yang terlihat pada Tabel 4.4 didapatkan setelah melakukan percepatan penjadwalan pembangunan menjadi 90 hari. Karena adanya percepatan tersebut, maka LET dan EET yang sebelumnya ada pada jaringan kerja awal dihitung kembali untuk percepatan menjadi 90 hari. Sehingga nilai LET dan EET yang baru mengacu pada jaringan kerja yang telah mengalami percepatan selama 12 hari.

Percepatan pembangunan menjadi total 90 hari dilakukan dengan menggunakan durasi baru yang diperoleh melalui beberapa perhitungan, yakni perhitungan mengenai durasi baru dan perhitungan mengenai total *float*.

4.4.1 Perhitungan Total *Float*

Perhitungan total *float* dilakukan pada seluruh kegiatan. Kegiatan yang termasuk pada lintasan kritis yang memiliki pengaruh dalam percepatan waktu. Kegiatan yang tidak termasuk pada jalur kritis tidak akan berpengaruh pada kegiatan lain jika dilakukan percepatan durasi. Berikut ini adalah perhitungan mengenai total *float*:

$$TF = LET - \text{durasi awal} - EET$$

dimana,

$$TF = \text{Total Float}$$

$$LET = \text{Latest Event Time}$$

$$EET = \text{Earliest Event Time}$$

Tabel 4.5 Nilai Total *Float* Tiap Kegiatan

Nama	LET	Durasi (hari)	EET	Total <i>Float</i>
A	-6	6	0	-12
B	29	14	6	9
C	0	6	6	-12

Nama	LET	Durasi (hari)	EET	Total Float
D	25	25	12	-12
E	11	5	12	-6
F	28	17	17	-6
G	14	6	12	-4
H	31	16	18	-3
I	34	5	20	9
J	19	5	18	-4
K	37	18	23	-4
L	16	5	17	-6
M	34	18	22	-6
N	31	6	37	-12
O	29	5	22	2
P	40	11	27	2
Q	34	5	23	6
R	44	9	28	7
S	46	5	27	14
T	34	6	34	-6
U	39	5	28	6
V	50	11	33	6
W	46	4	33	9
X	57	11	37	9
Y	40	6	25	9
Z	40	6	40	-6
AA	37	6	43	-12
AB	64	4	37	23
AC	44	7	49	-12
AD	46	6	46	-6
AE	63	13	52	-2
AF	50	6	56	-12
AG	51	5	52	-6
AH	69	13	57	-1
AI	57	7	62	-12
AJ	64	7	69	-12
AK	56	5	57	-6
AL	73	17	62	-6
AM	78	5	79	-6
AN	90	12	84	-6
AO	69	5	76	-12
AP	69	6	65	-2
AQ	76	7	81	-12
AR	90	6	81	3

Nama	LET	Durasi (hari)	EET	Total <i>Float</i>
AS	83	7	88	-12
AT	90	7	95	-12

Dari perhitungan Total *Float* (TF) di atas, terlihat nilai TF bernilai negatif yang paling kecil adalah nilai -12. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dilakukan percepatan penjadwalan pembangunan sesuai dengan durasi yang diharapkan, maka harus dilakukan percepatan umur proyek proyek selama 12 hari.

4.4.2 Perhitungan Durasi Baru

Untuk mendapatkan durasi baru dengan percepatan selama 12 hari tersebut, nilai total *float* merupakan salah satu variabel dalam perhitungan ini. Berikut ini adalah perhitungan durasi baru untuk setiap kegiatan yang memiliki nilai total *float* negatif terbesar, yakni senilai -12 dengan rumus berikut:

$$\text{Ln (baru)} = \text{Ln (lama)} + \frac{\text{Ln (lama)}}{\text{total durasi percepatan}} \times (\text{Total Float})$$

Tabel 4.6 Nilai Perhitungan Durasi Baru

Nama	LET	Durasi (Hari)	EET	Total <i>Float</i>	Durasi Baru (Hari)
A	-6	6	0	-12	5
C	0	6	6	-12	5
D	25	25	12	-12	22
N	31	6	37	-12	5
AA	37	6	43	-12	5
AC	44	7	49	-12	6
AF	50	6	56	-12	5
AI	57	7	62	-12	6
AJ	64	7	69	-12	6
AO	69	5	76	-12	4
AQ	76	7	81	-12	6
AS	83	7	88	-12	6
AT	90	7	95	-12	6

Berdasarkan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 4.6 diperoleh durasi baru untuk setiap kegiatan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan durasi baru tersebut ke dalam *network planning* yang baru (Lampiran E) dengan total

keseluruhan proyek selama 94 hari. Kemudian untuk menganalisa kembali *network planning* tersebut. Dengan adanya perhitungan total *float* (TF), maka durasi yang baru menjadi total keseluruhan selama 94 hari. Dikarenakan adanya total keseluruhan durasi setelah percepatan menjadi 94 hari, maka dilakukan negosiasi terhadap pihak *owner* mengenai percepatan durasi yang awalnya 102 hari berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan simulasi monte carlo yang akan dibahas pada bab selanjutnya.

4.5 Hasil Analisa Menggunakan *QM for Windows*

4.5.1 Hasil Analisa Sebelum Percepatan Menggunakan *QM for Windows*

Berdasarkan Tabel 4.1, maka dapat ditampilkan hasil inputan tersebut dengan bantuan *software QM for Windows*. Dari hasil inputan tersebut ditampilkan total durasi pelaksanaan proyek selama 102 hari, dimana ditampilkan pula *Earliest Start* (ES), *Earliest finish* (EF), *Latest Start* (LS), dan *Latest Finish* (LF), serta *slack* untuk setiap kegiatan pekerjaan.

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	102					
A	6	0	6	0	6	0
B	14	6	20	27	41	21
C	6	6	12	6	12	0
D	25	12	37	12	37	0
E	5	12	17	18	23	6
F	17	17	34	23	40	6
G	6	12	18	20	26	8
H	16	18	34	27	43	9
I	5	20	25	41	46	21
J	5	18	23	26	31	8
K	18	23	41	31	49	8
L	5	17	22	23	28	6
M	18	22	40	28	46	6
N	6	37	43	37	43	0
O	5	22	27	36	41	14
P	11	27	38	41	52	14
Q	5	23	28	41	46	18
R	9	28	37	47	56	19
S	5	27	32	53	58	26
T	6	34	40	40	46	6
U	5	28	33	46	51	18
V	11	33	44	51	62	18
W	4	33	37	54	58	21

X	11	37	48	58	69	21
Y	6	25	31	46	52	21
Z	6	40	46	46	52	6
AA	6	43	49	43	49	0
AB	4	37	41	72	76	35
AC	7	49	56	49	56	0
AD	6	46	52	52	58	6
AE	13	52	65	62	75	10
AF	6	56	62	56	62	0
AG	5	52	57	58	63	6
AH	13	57	70	68	81	11
AI	7	62	69	62	69	0
AJ	7	69	76	69	76	0
AK	5	57	62	63	68	6
AL	17	62	79	68	85	6
AM	5	79	84	85	90	6
AN	12	84	96	90	102	6
AO	5	76	81	76	81	0
AP	6	65	71	75	81	10
AQ	7	81	88	81	88	0
AR	6	81	87	96	102	15
AS	7	88	95	88	95	0
AT	7	95	102	95	102	0

Gambar 4.3 Hasil Analisa Sebelum Percepatan *Software QM for Windows*

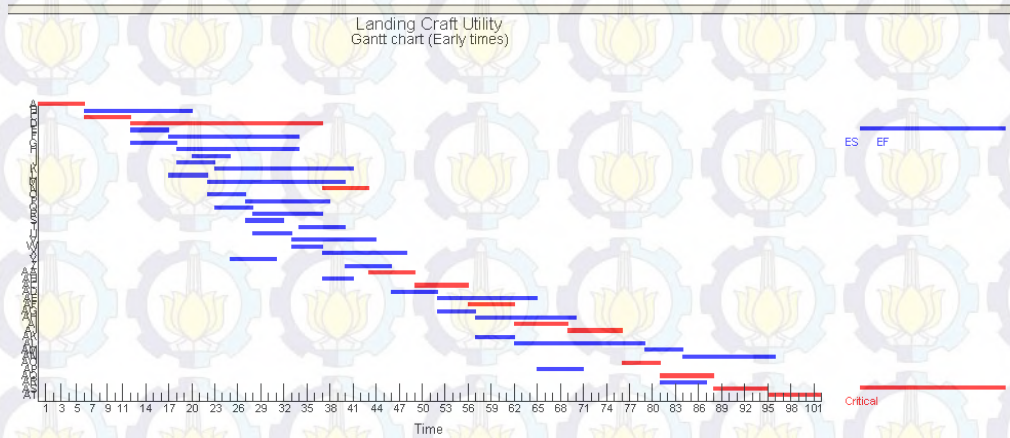
Pada kolom *earliest start* menunjukkan waktu tercepat dimulainya suatu kegiatan, Kolom *earliest finish* menunjukkan waktu tercepat diselesaikannya suatu kegiatan, kolom *latest start* menunjukkan waktu terlama dimulainya suatu kegiatan, kolom *latest finish* menunjukkan waktu terlama diselesaikannya suatu kegiatan.

Kolom *slack* (LS-ES) menunjukkan tenggang waktu yang dimiliki oleh suatu kegiatan jika berisi angka 0 berarti kegiatan tersebut tidak memiliki tenggang waktu, sehingga termasuk kegiatan kritis yang tidak boleh ditunda.

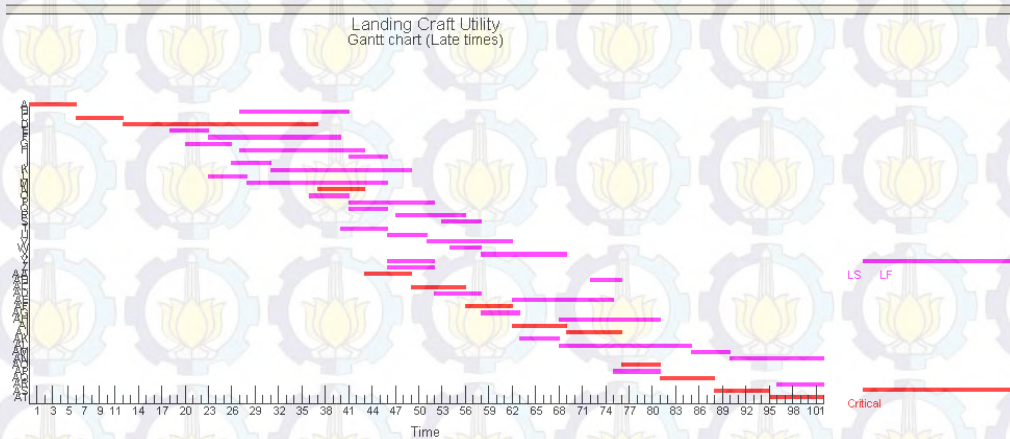
Kondisi durasi normal sebelum dilakukan percepatan adalah dengan total durasi pembangunan *Landing Craft Utility* selama 102 hari. Untuk hasil analisa durasi normal sebelum dilakukannya percepatan durasi menggunakan bantuan perangkat lunak QM ditampilkan seperti pada Gambar 4.3.

Berdasarkan hasil dari analisa, maka percepatan sebelum adanya pemampatan durasi dengan *software QM for Windows* dapat ditampilkan beberapa Charts diantaranya adalah *Gantt chart (early times)*, *Gantt chart (late*

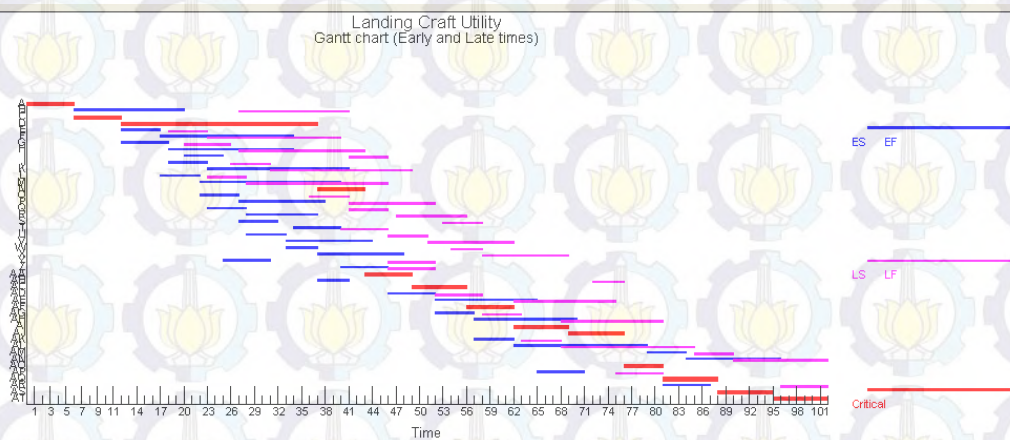
times), dan *Gantt chart (early and late times)* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 sampai dengan 4.6 di bawah ini.



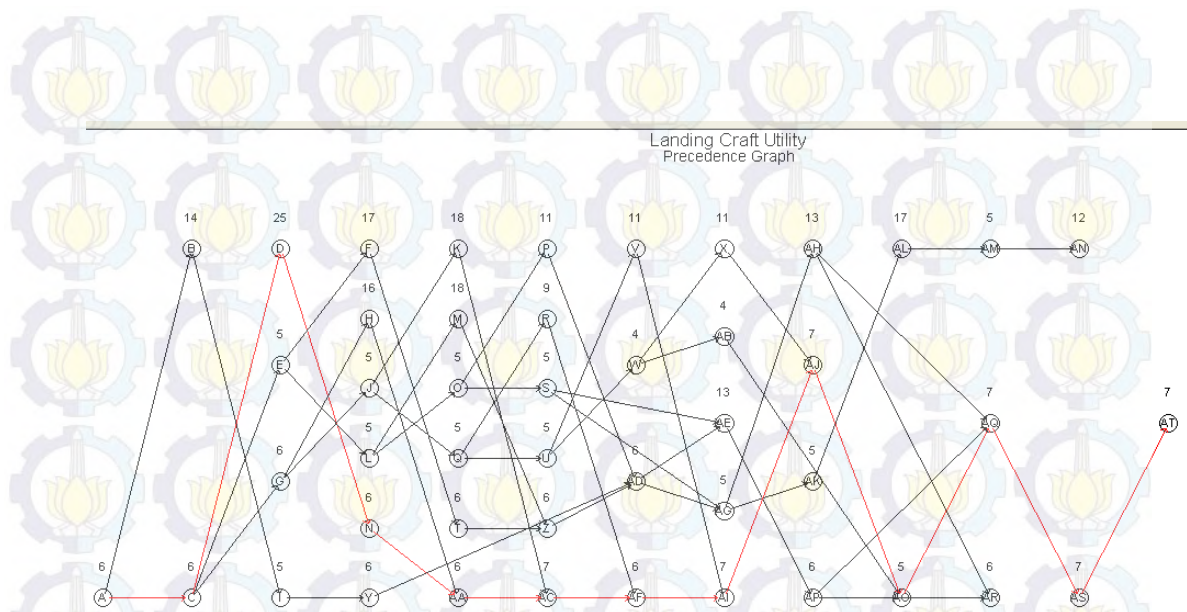
Gambar 4.4 *Gantt Chart (Early Times)* LCU Sebelum Percepatan



Gambar 4.5 *Gantt Chart (Late Times)* LCU Sebelum Percepatan



Gambar 4.6 *Gantt Chart (Early and Late Times)* LCU Sebelum Percepatan



Gambar 4.7 Network Diagram LCU QM for Windows Sebelum Percepatan

Berdasarkan network diagram pada Gambar 4.7, dapat diketahui lintasan kritis pada jaringan kerja adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Lintasan} &= A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT \\ &= 6.00 + 6.00 + 24.67 + 6.00 + 6.00 + 7.00 + 6.00 + 7.00 + 7.00 \\ &\quad + 5.00 + 7.00 + 7.00 + 7.00 = 101.67 = 102 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.5.2 Hasil Analisa Setelah Percepatan Menggunakan QM for Windows

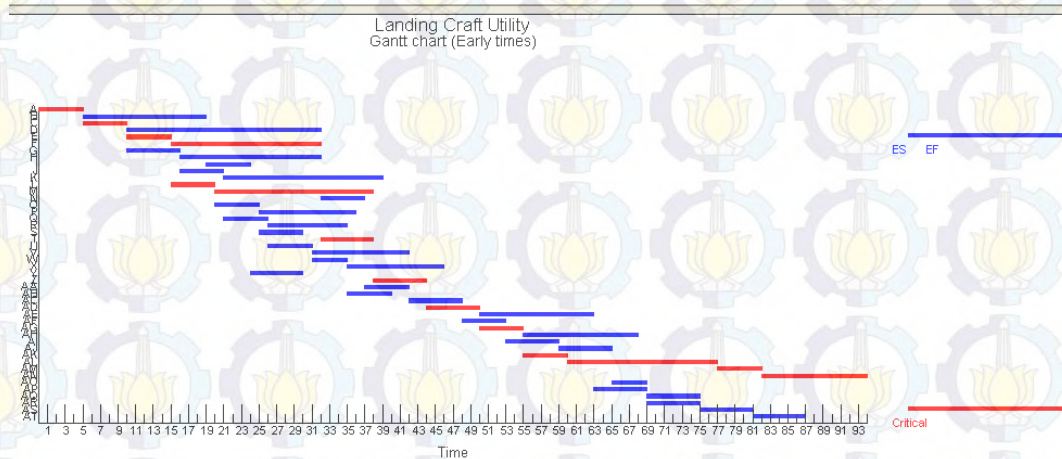
Kondisi durasi penjadwalan pembangunan *Landing Craft Utility* setelah dilakukan percepatan menunjukkan tidak adanya angka minus pada kolom slack. Hal ini menunjukkan bahwa tenggang waktu yang dimiliki oleh suatu kegiatan jika berisi angka 0 berarti kegiatan tersebut tidak memiliki tenggang waktu, sehingga termasuk kegiatan kritis yang tidak boleh ditunda pekerjaannya.

Kondisi durasi normal sebelum dilakukan percepatan adalah dengan total durasi pembangunan *Landing Craft Utility* selama 102 hari, dan setelah dilakukan percepatan durasi pada lintasan kritis atau jalur kritis, maka yang tadinya 102 hari berubah menjadi 94 hari. Untuk hasil analisa durasi normal setelah dilakukannya percepatan durasi menggunakan bantuan perangkat lunak QM ditampilkan seperti pada Gambar 4.8.

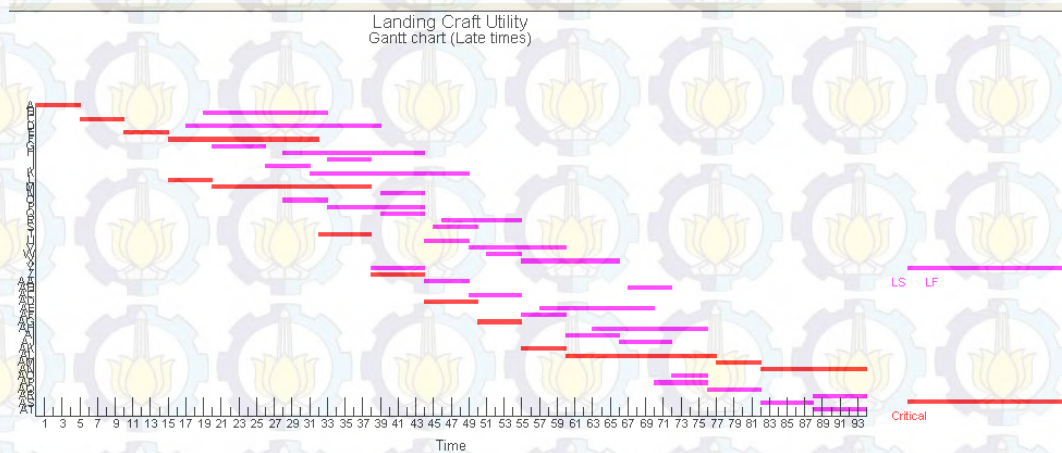
Project Management (PERT/CPM) Results						
Landing Craft Utility Solution						
	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	94					
A	5	0	5	0	5	0
B	14	5	19	19	33	14
C	5	5	10	5	10	0
D	22	10	32	17	39	7
E	5	10	15	10	15	0
F	17	15	32	15	32	0
G	6	10	16	20	26	10
H	16	16	32	28	44	12
I	5	19	24	33	38	14
J	5	16	21	26	31	10
K	18	21	39	31	49	10
L	5	15	20	15	20	0
M	18	20	38	20	38	0
N	5	32	37	39	44	7
O	5	20	25	28	33	8
P	11	25	36	33	44	8
Q	5	21	26	39	44	18
R	9	26	35	46	55	20
S	5	25	30	45	50	20
T	6	32	38	32	38	0
U	5	26	31	44	49	18
V	11	31	42	49	60	18
W	4	31	35	51	55	20
X	11	35	46	55	66	20
Y	6	24	30	38	44	14
Z	6	38	44	38	44	0
AA	5	37	42	44	49	7
AB	5	35	40	67	72	32
AC	6	42	48	49	55	7
AD	6	44	50	44	50	0
AE	13	50	63	57	70	7
AF	5	48	53	55	60	7
AG	5	50	55	50	55	0
AH	13	55	68	63	76	8
AI	6	53	59	60	66	7
AJ	6	59	65	66	72	7
AK	5	55	60	55	60	0
AL	17	60	77	60	77	0
AM	5	77	82	77	82	0
AN	12	82	94	82	94	0
AO	4	65	69	72	76	7
AP	6	63	69	70	76	7
AQ	6	69	75	76	82	7
AR	6	69	75	88	94	19
AS	6	75	81	82	88	7
AT	6	81	87	88	94	7

Gambar 4.8 Hasil Analisa Setelah Percepatan *Software QM for Windows*

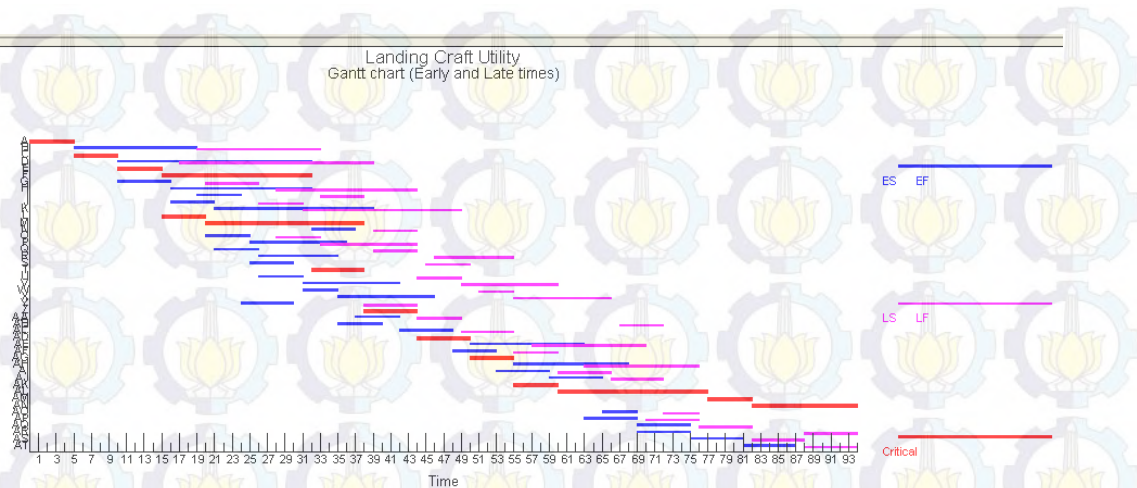
Berdasarkan hasil dari analisa, maka percepatan setelah adanya pamampatan durasi dengan *software QM for Windows* dapat ditampilkan beberapa *Charts* diantaranya adalah *Gantt chart (early times)*, *Gantt chart (late times)*, dan *Gantt chart (early and late times)* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 sampai dengan 4.11.



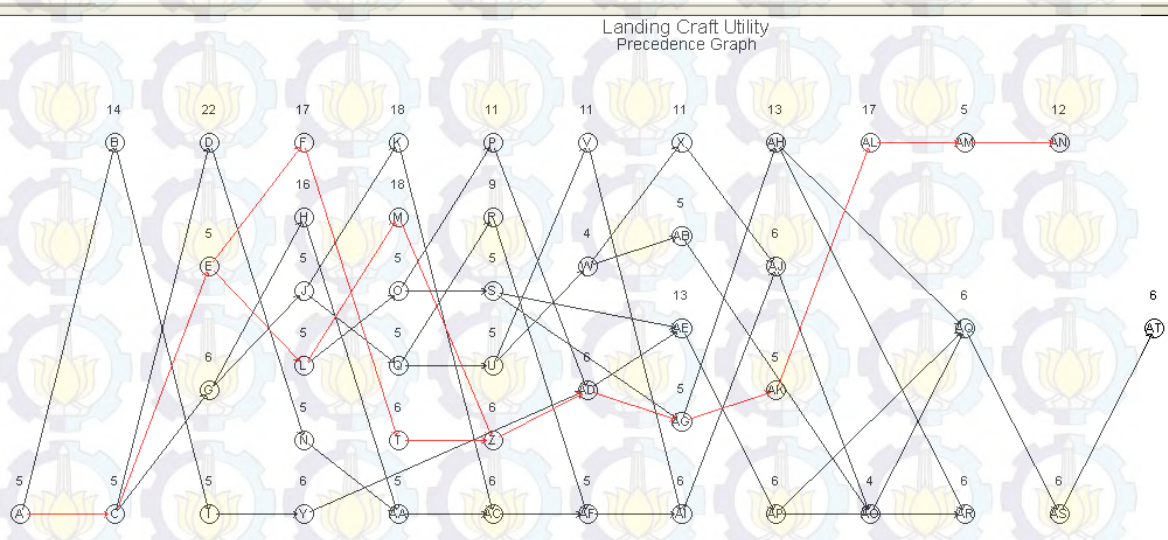
Gambar 4.9 *Gantt Chart (Early Times)* LCU Setelah Percepatan



Gambar 4.10 *Gantt Chart (Late Times)* LCU Setelah Percepatan



Gambar 4.11 Gantt Chart (Early and Late Times) LCU Setelah Percepatan



Gambar 4.12 Network Diagram LCU QM for Windows Setelah Percepatan

Berdasarkan *network diagram* pada Gambar 4.12, dapat diketahui lintasan kritis pada jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- Lintasan 1 = A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT = 102 hari
- Lintasan 2 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
 $= 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94$ hari
- Lintasan 3 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
 $= 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94$ hari

Maka dapat diambil kesimpulan bahwa, percepatan durasi untuk pembangunan *Landing Craft Utility* adalah yang semula durasi awal sebelum percepatan selama 102 hari harus dimampatkan menjadi target 90 hari dengan percepatan, sehingga percepatan durasi untuk pembangunan tersebut adalah harusnya selama 12 hari. Namun pada kenyataannya, setelah dilakukan analisa percepatan, total keseluruhan durasi tersebut menjadi 94 hari. Meskipun, hal ini belum memenuhi target untuk percepatan durasi menjadi total keseluruhan pembangunan menjadi 90 hari. Maka dari itu, perlu dilakukan analisa percepatan berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

4.6 Simulasi Monte Carlo

4.6.1 Perhitungan Simulasi Monte Carlo

Merupakan metode yang digunakan dalam memodelkan dan menganalisa sistem yang mengandung resiko dan ketidakpastian. Dalam tulisan ini menggunakan angka random yang dihasilkan dengan menggunakan fungsi RAND yang ada pada Microsoft Excel.

Sebagai contoh, durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU akan terlihat sebagai berikut: $= \text{RAND}() * (387 - 375) + 375$, formula ini akan menghasilkan angka random yang nilainya terletak antara 375 dan 387. Jika durasi setiap kegiatan disimulasikan dengan formula tersebut, maka durasi total dari proyek adalah jumlah dari durasi semua kegiatan. Berikut ini disajikan tabel kegiatan, durasi awal, dan durasi baru berdasarkan perhitungan sebelumnya seperti yang terlihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kegiatan, Durasi Awal, dan Durasi Baru Pembangunan LCU 300 DWT

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)
A	Fabrication DB1	6	5.29412
B	Assembly DB1	14	14
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	6	5.29412
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	22.05882
E	Fabrication UD1	5	5
F	Assembly UD1	17	17
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	6	6

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	16	16
I	Erection DB1	5	5
J	Fabrication UD3	5	5
K	Assembly UD3	18	18
L	Fabrication EUD	5	5
M	Assembly EUD	18	18
N	Erection DB2	6	5.29412
O	Fabrication AP	5	5
P	Assembly AP	11	11
Q	Fabrication FUD+FP	5	5
R	Assembly FUD+FP	9	9
S	Fabrication PD	5	5
T	Erection UD1	6	6
U	Fabrication FC	5	5
V	Assembly FC	11	11
W	Fabrication FBW	4	4
X	Assembly FBW	11	11
Y	Erection ER	6	6
Z	Erection EUD	6	6
AA	Erection DB3 + Erection UD2	6	5.29412
AB	Fabrication ABW	4	4
AC	Erection UD3	7	6.17647
AD	Erection AP	6	6
AE	Assembly PD	13	13
AF	Erection FUD+FP	6	5.29412
AG	Fabrication BRD	5	5
AH	Assembly BRD	13	13
AI	Erection FC	7	6.17647
AJ	Erection FWB	7	6.17647
AK	Fabrication TD	5	5
AL	Assembly TD	17	17
AM	Fabrication FN	5	5
AN	Assembly FN	12	12
AO	Assembly ABW	5	4.41176
AP	Erection PD	6	6
AQ	Erection ABW	7	6.17647
AR	Erection BRD	6	6
AS	Erection TD	7	6.17647
AT	Erection FN	7	6.17647
Jumlah		387	375

Berdasarkan Tabel 4.7 di atas ini terlihat bahwa durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU 300 DWT adalah sebesar 387 hari dan dengan adanya percepatan durasi, maka durasi baru menjadi 375 hari, dimana total selisih dari durasi awal dan durasi baru adalah selama 12 hari, maka harus dilakukan percepatan selama 12 hari. Pada perhitungan sebelumnya telah dilakukan analisa percepatan yang awalnya selama 102 hari menjadi 94 hari, untuk menganalisa durasi pengerjaan ini, selanjutnya dilakukan beberapa kali iterasi untuk menentukan tingkat keyakinan pengerjaan proyek untuk durasi total pengerjaan pembangunan tersebut.

4.6.2 Penentuan Nilai Iterasi

Dalam penentuan nilai iterasi terlebih dahulu harus menghitung deviasi standar. Deviasi standar σ dihitung berdasarkan seluruh populasi, yang dalam simulasi ini anggotanya hanya dua yaitu nilai minimum sebesar 375 dan nilai maksimum sebesar 387, dengan menggunakan formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(u - \bar{u})^2}{N}} = \sqrt{\frac{\sum(387 - 375)^2}{46}} \text{ didapatkan } \sigma = 1,77$$

Jika diinginkan nilai *absolute error* yang kurang dari 2%, maka nilai tersebut didapatkan dengan menggunakan formula: $\mathcal{E} = \frac{\bar{u}}{\left(\frac{1}{0,02}\right)} = \frac{375}{\left(\frac{1}{0,02}\right)}$ didapatkan $\mathcal{E} = 7,5$.

Jadi jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil dengan *error* yang kurang dari 2% adalah: $N = \left(\frac{3 \times \sigma}{\mathcal{E}}\right)^2 = \left(\frac{3 \times 1,77}{7,5}\right)^2 = 0,5$. Nilai rata-rata dari variabel random biaya proyek tersebut dengan durasi normal dan durasi percepatan dilakukan 5 iterasi seperti yang terlihat pada Tabel 4.8.

Fungsi RAND yang ada pada *Microsoft Excel* digunakan untuk menghasilkan angka random. Seperti yang terlihat pada Tabel 4.8 di bawah adalah hasil simulasi (dalam hari). Fungsi Random untuk jumlah keseluruhan pengerjaan yang digunakan pada Excel yakni menggunakan

$$= \text{RAND()} * (\text{maks} - \text{min}) + \text{min} = \text{RAND()} * (387 - 375) + 375$$

Tabel 4.8 Hasil Iterasi Pembangunan LCU 300 DWT

Nama	t awal (hari)	t baru (hari)	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5	Rata-rata	t (1)
A	6	5.29412	5.560735	5.391908	5.498356	5.476129	5.488041	5.483034	5
B	14	14	14	14	14	14	14	14	14
C	6	5.29412	5.83041	5.324052	5.798046	5.451837	5.554793	5.591828	6
D	25	22.05882	22.64287	22.61996	22.62907	22.62003	22.62274	22.62693	23
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	17	17	17	17	17	17	17	17	17
G	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I	5	5	5	5	5	5	5	5	5
J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
K	18	18	18	18	18	18	18	18	18
L	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M	18	18	18	18	18	18	18	18	18
N	6	5.29412	5.660414	5.431741	5.567996	5.559465	5.561028	5.556129	6
O	5	5	5	5	5	5	5	5	5
P	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q	5	5	5	5	5	5	5	5	5
R	9	9	9	9	9	9	9	9	9
S	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T	6	6	6	6	6	6	6	6	6
U	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V	11	11	11	11	11	11	11	11	11
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Y	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Z	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AA	6	5.29412	5.750011	5.510085	5.540989	5.531225	5.540896	5.574641	6
AB	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AC	7	6.17647	6.274102	6.191462	6.191945	6.191523	6.191797	6.208166	6
AD	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AE	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AF	6	5.29412	5.82867	5.480481	5.483949	5.482996	5.483176	5.551854	6
AG	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AH	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AI	7	6.17647	6.839103	6.553543	6.745543	6.676043	6.734653	6.709777	7
AJ	7	6.17647	6.527905	6.256042	6.395627	6.345023	6.395306	6.383981	6
AK	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AL	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AM	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AN	12	12	12	12	12	12	12	12	12
AO	5	4.41176	4.644512	4.604047	4.611535	4.607782	4.608588	4.615293	5
AP	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AQ	7	6.17647	6.5012	6.248479	6.380125	6.249151	6.36397	6.348585	6
AR	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AS	7	6.17647	6.894712	6.557255	6.605517	6.561002	6.595062	6.64271	7
AT	7	6.17647	6.271965	6.229968	6.266228	6.247658	6.249261	6.253016	6
Jumlah	387	375	379.8282	380.2211	377.2912	380.3326	380.9247	375.1945	380

Hasil pemampatan durasi ini didapatkan dari *network planning* yang sudah dibuat berdasarkan lintasan kritis yang ada, dari lintasan kritis tersebut dibuat durasi baru sehingga didapatkan pemampatan durasi. Dari *network planning* awal didapatkan hasil pengerjaan *Hull Construction* dilakukan selama 102 hari karena adanya keterlambatan suplai material dan pengaruh dari sumber daya galangan, oleh karena itu perlu dilakukan percepatan durasi.

4.6.3 Perhitungan Total Percepatan

Tujuan dari percepatan ini adalah mempercepat durasi pembangunan dari 102 hari menjadi 90 hari. Berdasarkan Tabel 4.8 di atas menunjukkan bahwa lintasan kritis dengan total durasi pengerjaan sebelum percepatan dan setelah percepatan adalah 387 dan 375 = 12 hari. Dengan total durasi lintasan kritis sebesar sebagai berikut:

- Sebelum percepatan = $6+6+25+6+6+7+6+7+7+5+7+7+7 = 102$ hari
- Durasi percepatan 12 hari lintasan kritis = $5,29412 + 5,29412 + 22,05882 + 5,29412 + 5,29412 + 6,17647 + 5,29412 + 6,17647 + 6,17647 + 4,41176 + 6,17647 + 6,17647 + 6,17647 = (5 \times 2,9412) + (6 \times 6,17647) + 22,05882 + 4,41176 = (26,4706) + (37,05882) + 26,47058 = 90$ hari

- Durasi percepatan menjadi 90 hari

$$\begin{aligned} \text{Lintasan kritis 1} &= \text{A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN} \\ &= 5+5+5+17+6+6+6+5+5+17+5+12 = 94 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lintasan kritis 2} &= \text{A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN} \\ &= 5+5+5+5+18+6+6+5+5+17+5+12 = 94 \text{ hari} \end{aligned}$$

Maka dari hasil tersebut di atas, durasi yang diinginkan sudah sesuai dengan yang diharapkan untuk total pengerjaan selama 90 hari untuk jalur lintasan kritis percepatan 12 hari. Ketika dilakukan percepatan lagi, maka lintasan kritis yang awalnya berada di atas, menjadi di bawah dengan total 2 lintasan kritis selama 94 hari. Dan untuk menganalisa kejadian durasi yang *random* atau acak, maka pada tulisan ini selanjutnya dilakukan *Monte Carlo Simulation* untuk mendapatkan durasi tingkat keyakinan ketika berhadapan dengan pihak *owner*. Berapa persen keyakinan yang bisa ditampilkan untuk menyelesaikan proyek pengerjaan pembangunan tersebut hingga selesai.

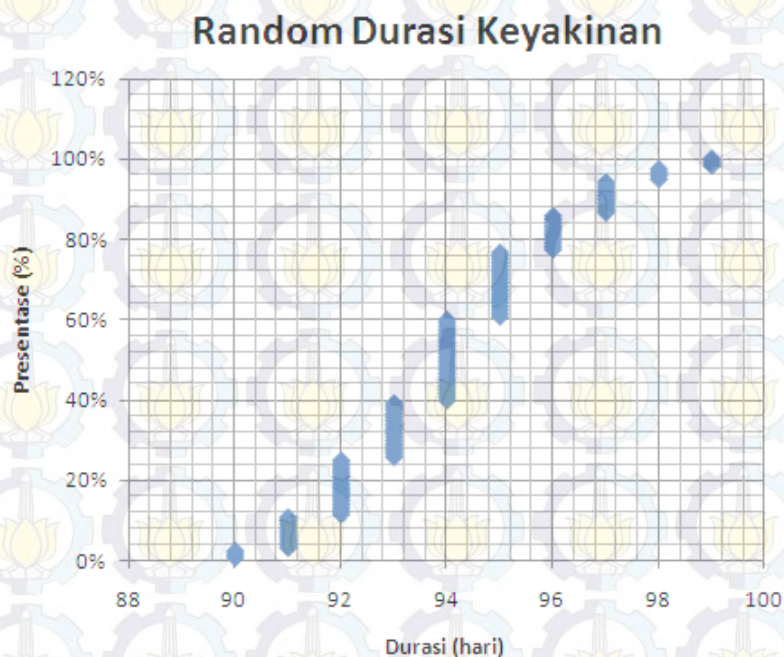
Berikut ini ditampilkan durasi total pecepatan dengan random acak menggunakan Simulasi Monte Carlo seperti yang terlihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Tabel Lintasan kritis Simulasi Monte Carlo

Nama	t awal (hari)	t baru (hari)	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5	Rata-rata	t (1)
A	6	5.29412	5.383776	5.32235	5.345621	5.337516	5.340566	5.345966	5
C	6	5.29412	5.327298	5.323642	5.326302	5.325631	5.325676	5.32571	5
D	25	22.05882	22.77215	22.52521	22.53889	22.536	22.5374	22.58193	23
N	6	5.29412	5.513794	5.299489	5.511843	5.479231	5.487376	5.458347	5
AA	6	5.29412	5.900914	5.355568	5.592983	5.365229	5.442647	5.531468	6
AC	7	6.17647	6.711087	6.564808	6.703485	6.653188	6.684726	6.663459	7
AF	6	5.29412	5.684321	5.535746	5.609791	5.573047	5.58089	5.596759	6
AI	7	6.17647	6.513089	6.404118	6.490667	6.427826	6.483516	6.463843	6
AJ	7	6.17647	6.933678	6.678233	6.761747	6.758197	6.761301	6.778631	7
AO	5	4.41176	4.725863	4.582259	4.596244	4.589006	4.595315	4.617738	5
AQ	7	6.17647	6.245058	6.217861	6.232357	6.224996	6.228629	6.22978	6
AS	7	6.17647	6.28659	6.253579	6.276135	6.266962	6.274834	6.27162	6
AT	7	6.17647	6.970727	6.485987	6.907052	6.588213	6.756288	6.741653	7
Jumlah	102	90	382.2751	386.9052	384.0366	379.2169	386.3121	377.6411	94

4.6.4 Grafik Durasi Keyakinan Simulasi Monte Carlo

Berdasarkan Tabel 4.8 dengan hasil simulasi monte carlo dengan random acak, didapatkan sebaran data sebanyak 120 data. Didapatkan durasi nilai terkecil selama 90 hari dan durasi nilai terbesar selama 99 hari.



Gambar 4.13 Grafik Tingkat Keyakinan Penyelesaian Proyek

Dari hasil grafik tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa penyelesaian pekerjaan selama 94 hari adalah yang paling banyak durasi keyakinannya, namun ketika proyek tersebut dipercepat menjadi 94 hari, keyakinan penyelesaian proyek tersebut adalah sebesar 40% hingga 60%.

Jika proyek LCU ingin dipercepat 90 hari, durasi awal dari 120 hari, dengan pecepatan selama 12 hari, maka keyakinannya hanya sekitar 3% hingga 5%. Sebaliknya jika ingin mendapatkan keyakinan penuh sebesar 100%, maka proyek tersebut harus dipercepat selama 99 hari. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan keyakinan 100%, hanya dipercepat selama 3 hari dari total keseluruhan durasi selama 102 hari.

4.7 Perhitungan Biaya Percepatan terhadap Tenaga Kerja

Percepatan waktu memiliki pengaruh terhadap biaya tenaga kerja langsung. Hal ini disebabkan karena dalam penerapan CPM diperlukan suatu tambahan waktu kerja atau kerja lembur pada kegiatan-kegiatan yang mengalami percepatan durasi.

Dengan adanya penerapan CPM ini terlihat bahwa pelaksanaan proyek pembangunan LCU memiliki lintasan kritis, yang memiliki nilai EET dan LET yang sama. Oleh karena itu dengan adanya jalur kritis tersebut mengharuskan untuk mempercepat durasi pengerjaan yang akan berpengaruh terhadap jam tenaga kerja dan juga biaya tenaga kerja.

Perhitungan mengenai biaya tenaga kerja langsung yang terlibat dalam pembangunan *Landing Craft Utility*, baik sebelum dilakukan percepatan dan setelah dilakukan percepatan adalah merupakan tujuan untuk mengetahui perbandingan antara sebelum dan sesudah dilaksanakannya percepatan.

4.7.1 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Sebelum Percepatan

Jam orang diperoleh dari perbandingan antara berat blok dengan standart kerja tiap bengkel. Adapun nama blok dan berat dari tiap blok kapal yang dibangun dapat dilihat pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4.10 Nama dan Berat Blok Kapal

No	Nama Blok Kapal	Berat (kg)
1	DB1	20940
2	DB2	19970
3	ER	19490
4	UD1	12760
5	UD2	11883
6	DB3	18975
7	UD3	11290
8	EUD	10930
9	AP	9637
10	FUD	23759
11	PD	4136
12	FC	24697
13	FBW	10270
14	ABW	10179
15	TD	2346
16	FN	2780
17	BRD	3931
	Jumlah	217973

Sesuai dengan Tabel 4.10, jumlah berat dari keseluruhan blok adalah 217973 kg dengan jumlah blok sebanyak 17 buah. Blok yang paling ringan adalah blok TD dengan berat 2346 kg, sedangkan blok yang paling berat adalah blok FC dengan berat 24697 kg.

Besarnya standart kerja yang telah ditentukan PT. Palma Shipyard selaku perusahaan galangan adalah:

- Proses fabrikasi = 45 kg/JO
- Proses *assembly* = 25 kg/JO
- Proses *erection* = 25 kg/JO

Biaya tenaga kerja dapat diperoleh dari hasil perkalian antara jumlah total kebutuhan jam orang (J.O) dengan tarif jam perorang yang berlaku di PT. Palma Shipyard. Berikut ini adalah jumlah jam orang diterangkan pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4.11 Kebutuhan Jam Orang Pembangunan LCU

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
A	Fabrication DB1	465
B	Assembly DB1	838
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	877
D	Assembly DB2 + Assembly ER	1578
E	Fabrication UD1	284
F	Assembly UD1	510
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	686
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	1234
I	Erection DB1	838
J	Fabrication UD3	251
K	Assembly UD3	452
L	Fabrication EUD	243
M	Assembly EUD	437
N	Erection DB2	799
O	Fabrication AP	214
P	Assembly AP	385
Q	Fabrication FUD+FP	528
R	Assembly FUD+FP	950
S	Fabrication PD	92
T	Erection UD1	510
U	Fabrication FC	549
V	Assembly FC	988
W	Fabrication FBW	228
X	Assembly FBW	411
Y	Erection ER	780
Z	Erection EUD	437
AA	Erection DB3 + Erection UD2	1234
AB	Fabrication ABW	226
AC	Erection UD3	510
AD	Erection AP	385
AE	Assembly PD	165
AF	Erection FUD+FP	950
AG	Fabrication BRD	87
AH	Assembly BRD	157
AI	Erection FC	988
AJ	Erection FWB	411
AK	Fabrication TD	52
AL	Assembly TD	94
AM	Fabrication FN	62
AN	Assembly FN	111

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
AO	Assembly ABW	226
AP	Erection PD	165
AQ	Erection ABW	407
AR	Erection BRD	157
AS	Erection TD	94
AT	Erection FN	111
	Jumlah	22156

Berdasarkan tabel tersebut di atas terlihat bahwa kebutuhan jam orang terkecil adalah 52 (J.O) yang digunakan untuk pelaksanaan fabrikasi blok TD, sedangkan kebutuhan jam orang terbesar adalah 1578 (J.O) yang digunakan untuk pelaksanaan proses *assembly* blok DB2 dan *assembly* blok ER. Jumlah keseluruhan kebutuhan jam orang yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal adalah 22156 (J.O).

Perhitungan besarnya tarif jam orang bagi tenaga kerja tetap yang diterapkan di PT. Palma Shipyard berdasarkan data perusahaan adalah sebagai berikut:

- Gaji pokok rata-rata per bulan = Rp 2.400.000,-
- Hari kerja rata-rata perbulan = 24 hari
- Jam kerja perhari = 8 jam
- Besarnya tarif jam per orang = $\text{Rp } 2.400.000 / (24 \times 8)$
= Rp 12.500,-
- Total kebutuhan jam orang = 22156

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja langsung dalam pembangunan *Landing Craft Utility* 300 DWT sebelum pemampatan adalah:

$$= 22156 \times \text{Rp } 12.500,-$$

$$= \text{Rp } 276.950.000,-$$

4.7.2 Perhitungan Biaya Tenaga Kerja Langsung Setelah Percepatan

Faktor jumlah jam kerja dan biaya tenaga kerja langsung adalah salah satu faktor paling sensitif terhadap penerapan CPM. Agar tercapainya percepatan penjadwalan pembangunan sesuai dengan target waktu yang telah disepakati, maka dibutuhkan tambahan jumlah jam tenaga kerja. Sehingga dengan adanya

penambahan jumlah jam tenaga kerja dan penambahan jumlah pekerja akan berdampak pada keseluruhan total biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan.

Berdasarkan pada *network diagram* durasi awal dan *network diagram* percepatan menunjukkan bahwa tidak semua kegiatan mengalami percepatan atau pemampatan, hanya beberapa kegiatan yang mengalami percepatan durasi. Untuk mengetahui kegiatan apa saja yang mengalami pemampatan ditunjukkan seperti pada Tabel 4.12 berikut ini:

Tabel 4.12 Durasi Kegiatan Sebelum dan Sesudah Percepatan

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)	Pemampatan (Hari)
A	Fabrication DB1	6	5	1
B	Assembly DB1	14	14	0
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	6	5	1
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	22	3
E	Fabrication UD1	5	5	0
F	Assembly UD1	17	17	0
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	6	6	0
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	16	16	0
I	Erection DB1	5	5	0
J	Fabrication UD3	5	5	0
K	Assembly UD3	18	18	0
L	Fabrication EUD	5	5	0
M	Assembly EUD	18	18	0
N	Erection DB2	6	5	1
O	Fabrication AP	5	5	0
P	Assembly AP	11	11	0
Q	Fabrication FUD+FP	5	5	0
R	Assembly FUD+FP	9	9	0
S	Fabrication PD	5	5	0
T	Erection UD1	6	6	0
U	Fabrication FC	5	5	0
V	Assembly FC	11	11	0
W	Fabrication FBW	4	4	0
X	Assembly FBW	11	11	0
Y	Erection ER	6	6	0
Z	Erection EUD	6	6	0
AA	Erection DB3 + Erection UD2	6	5	1
AB	Fabrication ABW	4	4	0

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)	Pemampatan (Hari)
AC	Erection UD3	7	6	1
AD	Erection AP	6	6	0
AE	Assembly PD	13	13	0
AF	Erection FUD+FP	6	5	1
AG	Fabrication BRD	5	5	0
AH	Assembly BRD	13	13	0
AI	Erection FC	7	6	1
AJ	Erection FWB	7	6	1
AK	Fabrication TD	5	5	0
AL	Assembly TD	17	17	0
AM	Fabrication FN	5	5	0
AN	Assembly FN	12	12	0
AO	Assembly ABW	5	4	1
AP	Erection PD	6	6	0
AQ	Erection ABW	7	6	1
AR	Erection BRD	6	6	0
AS	Erection TD	7	6	1
AT	Erection FN	7	6	1

Tabel 4.12 di atas menunjukkan bahwa kegiatan yang mengalami pemampatan adalah kegiatan A, C, D, N, AA, AC, AF, AI, AJ, AO, AQ, AS, AT sedangkan kegiatan yang lain tidak mengalami pemampatan. Perlu dilakukan penambahan jam waktu kerja atau kerja lembur pada kegiatan yang mengalami pemampatan agar dapat menyelesaikan pekerjaan tersebut dengan tepat waktu. Pada aturan dari PT. Palma Shipyard telah ditentukan besarnya biaya kerja lembur adalah 1,5 kali lebih besar dari biaya jam kerja normal dan telah ditentukan pula jam kerja lembur atau J.O lembur berdasarkan data dari perusahaan. Berikut ditampilkan pada Tabel 4.13 besarnya biaya kerja lembur untuk setiap kegiatan yang mengalami pemampatan.

Definisi jam kerja adalah waktu yang dibutuhkan secara efektif oleh tenaga kerja untuk menyelesaikan pekerjaan dalam suatu aktivitas. Waktu kerja yang diterapkan galangan di PT Palma Shipyard adalah 5 hari kerja dalam 1 minggu, yaitu hari Senin sampai dengan hari Jum'at. Waktu kerja tersebut dibagi menjadi 2 bagian jam kerja, yaitu:

1. Jam Kerja Biasa

a) Hari Senin sampai dengan Kamis : 08.00 - 17.00

Waktu istirahat : 12.00 - 13.00

b) Hari Jum'at : 08.00 - 17.00

Waktu istirahat : 11.30 - 13.00

Diasumsikan total jam kerja pada satu hari adalah 8 jam kerja, maka total jam kerja selama satu minggu adalah: (8 jam kerja x 4 hari) + 6.5 jam = 38,5 jam

2. Jam Kerja Lembur

a) Hari Senin sampai dengan Jumat : 17.00 -22.00

Waktu istirahat : 18.00 -19.00

b) Hari Sabtu dan Minggu : 08.00 -17.00

Waktu istirahat : 12.00 -13.00

Total jam lembur adalah 5 jam, namun jam aktif selama 4 jam, kecuali pada jam kerja lembur pada hari Sabtu dan Minggu. Maka jumlah jam kerja lembur dalam satu minggu adalah : (4 jam x 5 hari) + (2 hari x 8 jam) = 36 jam

Tabel 4.13 Kebutuhan Jam Orang Lembur dan Biaya Kerja Lembur

Nama	Kegiatan	Jam Orang Lembur (J.O)	Biaya	
			J.O Lemburx1,5xtarif/J.O	
A	Fabrication DB1	80	Rp	1,500,000.00
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	144	Rp	2,700,000.00
D	Assembly DB2 + Assembly ER	192	Rp	3,600,000.00
N	Erection DB2	160	Rp	3,000,000.00
AA	Erection DB3 + Erection UD2	208	Rp	3,900,000.00
AC	Erection UD3	72	Rp	1,350,000.00
AF	Erection FUD+FP	192	Rp	3,600,000.00
AI	Erection FC	144	Rp	2,700,000.00
AJ	Erection FWB	72	Rp	1,350,000.00
AO	Assembly ABW	104	Rp	1,950,000.00
AQ	Erection ABW	56	Rp	1,050,000.00
AS	Erection TD	16	Rp	300,000.00
AT	Erection FN	16	Rp	300,000.00
Jumlah		1456	Rp	27,300,000.00

Sesuai dengan perhitungan pada Tabel 4.13, didapatkan bahwa biaya kerja lembur paling banyak adalah pada proses pengerjaan *erection* blok DB3 dan *erection* blok UD2 sebesar Rp 3.900.000,-. Sedangkan biaya kerja lembur paling sedikit adalah pada proses pengerjaan *erection* blok TD dan *erection* blok FN sebesar Rp 300.000,-.

Perhitungan besarnya tarif jam orang bagi tenaga kerja lembur yang diterapkan di PT. Palma Shipyard berdasarkan data perusahaan adalah sebagai berikut:

- Jumlah jam yang dikerjakan lembur = 1456
- Jumlah biaya yang dikerjakan lembur = Rp 27.300.000,-
- Jumlah jam yang dikerjakan tanpa lembur = 22156 – 1456
= 20700
- Jumlah biaya yang dikerjakan tanpa lembur = Rp 276.950.000,-

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja lembur dalam pembangunan *Landing Craft Utility* setelah dilakukan pemampatan adalah:

$$\begin{aligned} &= \text{biaya lembur} + \text{biaya normal (tanpa lembur)} \\ &= \text{Rp } 27.300.000 + \text{Rp } 276.950.000,- \\ &= \text{Rp } 304.250.000,- \end{aligned}$$

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya percepatan waktu penjadwalan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) mengalami penambahan biaya tenaga kerja sebesar:

$$\begin{aligned} &= \text{biaya setelah pemampatan} - \text{biaya sebelum pemampatan} \\ &= \text{Rp } 304.250.000 - \text{Rp } 276.950.000 \\ &= \text{Rp } 27.300.000,- \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dalam penerapan *Critical Path Method* (CPM) biaya tenaga kerja dan faktor jam kerja merupakan hal yang perlu diperhatikan. Untuk mencapai target waktu penyelesaian yang diharapkan, maka perlu dilakukan percepatan penjadwalan yang berdampak pada tambahan jam kerja untuk setiap pekerjaan yang perlu dilakukan percepatan. Mengacu pada perhitungan di atas, dengan adanya penambahan jam kerja tersebut berdampak pada jam kerja lembur sebesar 1456, serta biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan sebesar Rp 27.300.000,-

Dalam proses produksi terdapat biaya yang diperlukan untuk proses pembangunan proyek tersebut. Dengan adanya percepatan durasi pada proyek LCU terdapat biaya yang harus dikeluarkan karena adanya keterlambatan pada proses instalasi maupun *commissioning* atau percobaan material yang dibutuhkan.

Sesuai dengan kesepakatan kerja, besarnya denda adalah biaya total keseluruhan dikalikan 1% (per mil) per hari. Biaya total pembangunan badan kapal yakni sebesar Rp 304.250.000,- sehingga denda yang harus dibayar untuk keterlambatan per hari adalah sebesar $= 1/100 \times \text{Rp } 304.250.000,- = \text{Rp } 3.042.500$ per hari. Maka dari itu keuntungan yang didapatkan dengan adanya percepatan durasi pembangunan badan kapal akan berdampak pada diperolehnya *saving* durasi keseluruhan penyelesaian proyek pembangunan LCU. Pada akhirnya adalah dapat mempercepat durasi keseluruhan sehingga juga akan diperoleh penghematan biaya. Hal ini dikarenakan biaya percepatan masih lebih kecil yakni sebesar Rp 27.300.000,- jika dibandingkan dengan apabila terjadi keterlambatan selama 12 hari yang akan mengakibatkan tambahan biaya keterlambatan sebesar $12 \times 1\% \times \text{Rp } 304.250.000,- = \text{Rp } 36.510.000,-$



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap studi kasus yang telah dilakukan maka ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis simulasi percepatan penjadwalan proyek pembangunan Landing Craft Utility (LCU)

- a) Hasil analisis terhadap *network planning* diagram yang menunjukkan bahwa aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- Lintasan 1
= A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT = 102 hari
- Lintasan 2
= A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 94 hari
- Lintasan 3
= A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 94 hari

- b) Total durasi sebelum dan setelah percepatan selama 12 hari pada pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dijabarkan sebagai berikut:

- Total durasi keseluruhan sebelum dipercepat = 387 hari
- Total durasi keseluruhan setelah dipercepat = 375 hari
- Total durasi untuk *Hull Contruction* sebelum dipercepat = 102 hari
- Total *Hull Contruction* setelah dipercepat = 90 hari

2. Dengan menggunakan fungsi RAND. Angka acak (*random number*) dalam Simulasi Monte Carlo didapatkan hasil dari durasi keseluruhan adalah sebagai berikut:

- a) Dalam random acak MCS durasi terkecil selama 90 hari dan durasi terlama selama 99 hari. Dan random paling banyak menunjukkan durasi selama 94 hari pengerjaan. Untuk keseluruhan total pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utiliy* pada bagian *Hull*

Construction, percepatan menjadi 99 hari tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 5% tingkat keyakinan.

b) Berdasarkan hasil durasi percepatan tersebut, dapat pula dianalisa mengenai pengaruh percepatan waktu terhadap tenaga kerja dan biaya. Berikut ini biaya yang harus ditambah dengan adanya percepatan durasi diantaranya adalah sebagai berikut:

- Biaya tenaga kerja sebelum percepatan = Rp 276.950.000,-
- Biaya tenaga kerja setelah percepatan = Rp 304.250.000,-
- Biaya penambahan = Rp 27.300.000,-

Biaya penambahan sebesar Rp 27.300.000,- ini dapat ditutup dengan keuntungan sebesar percepatan durasi selama 12 hari sehingga ada tambahan biaya keterlambatan sebesar $12 \times 1\% \times \text{Rp } 304.250.000,- = \text{Rp } 36.510.000,-$

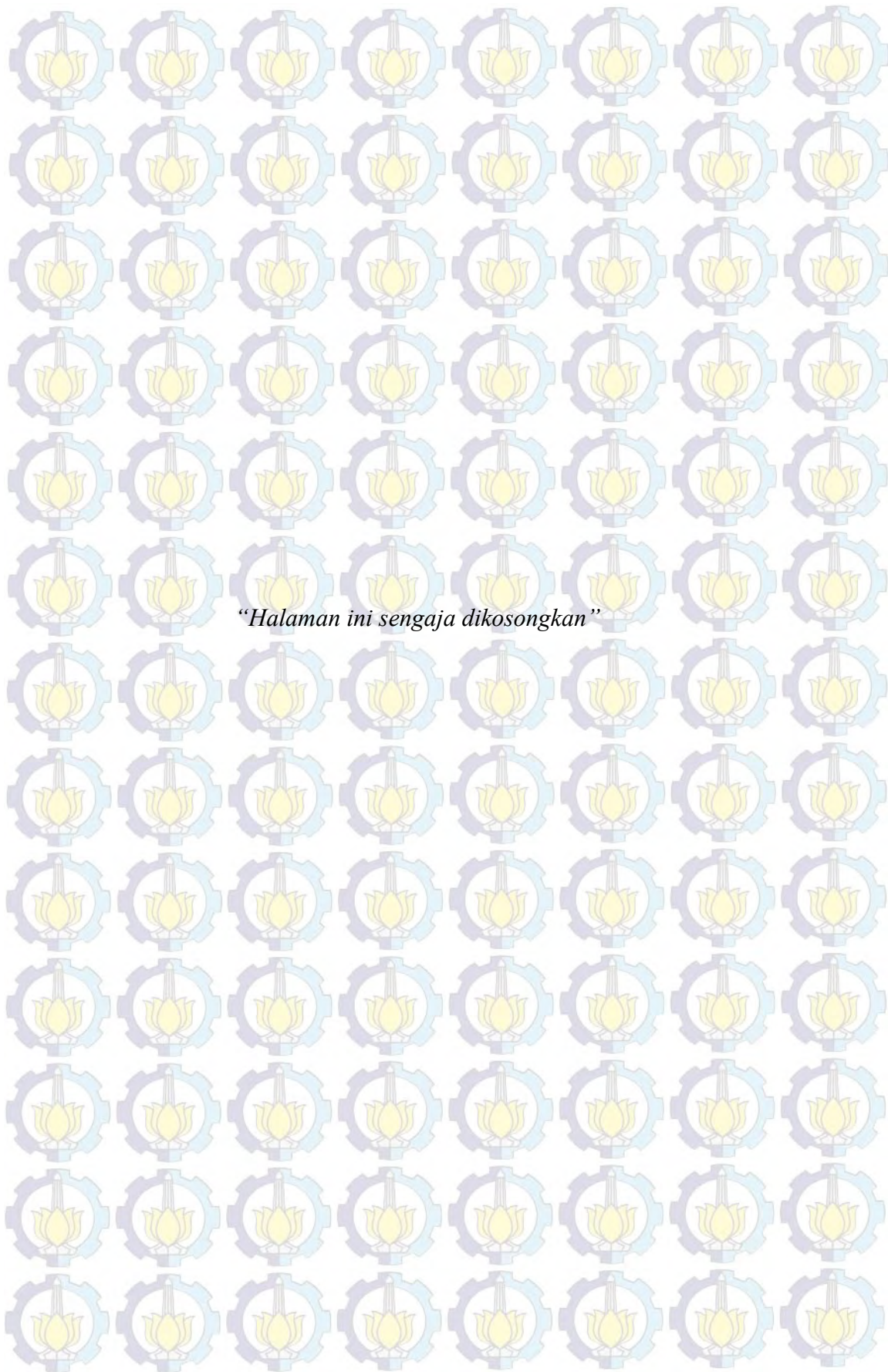
5.2 Saran

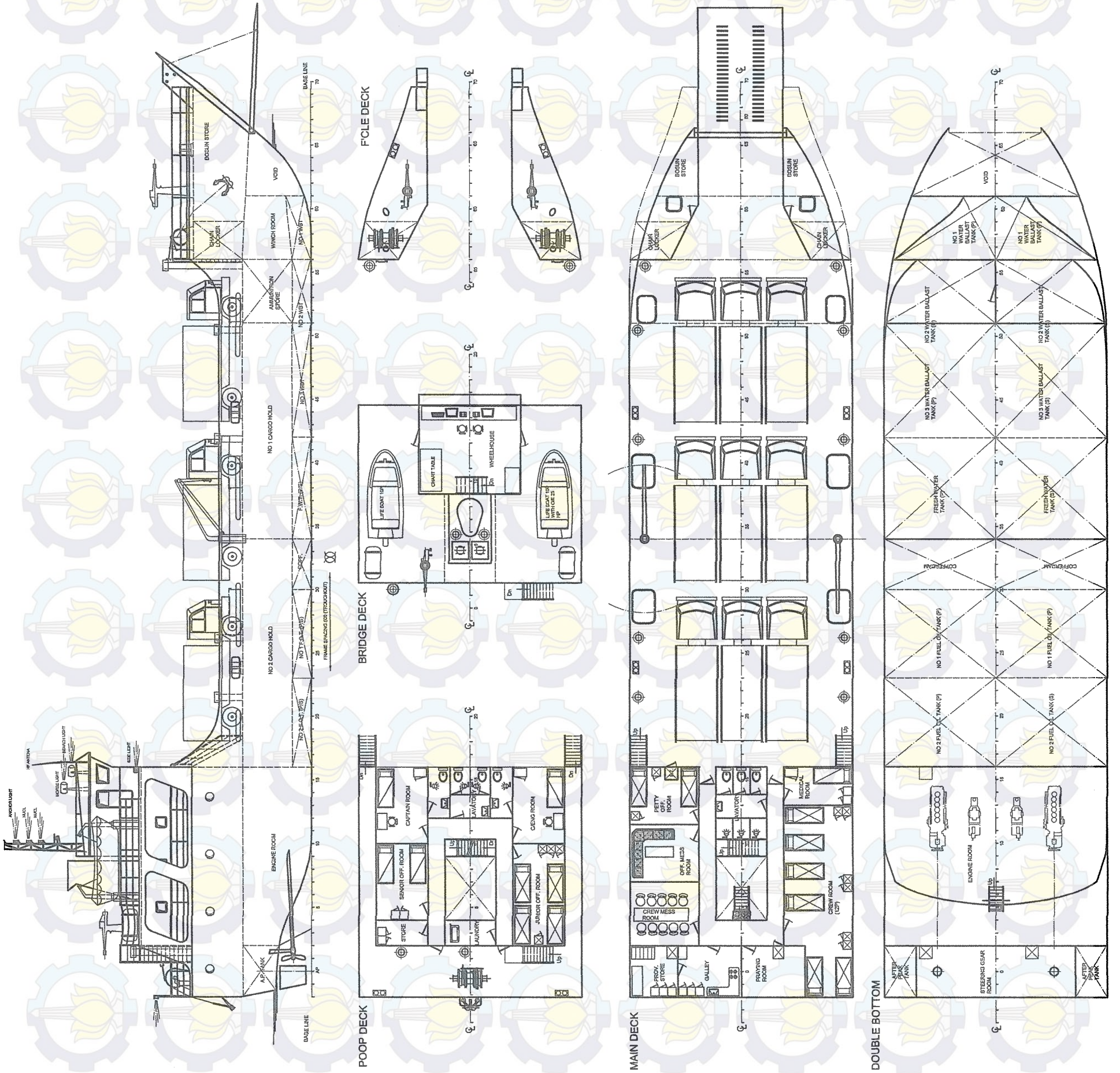
Adapun saran yang dapat diberikan kepada perusahaan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diharapkan bagi perusahaan untuk menerapkan CPM dalam proses pembangunan kapal. Sebab hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan CPM mampu memberikan solusi bagi galangan untuk mempercepat pembangunan kapal.
2. Aktivitas yang berada di jalur lintasan kritis perlu diberikan perhatian khusus. Apabila terjadi keterlambatan pada aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis, maka proyek akan mengalami keterlambatan dalam proses penyelesaian pembangunan kapal.
3. Analisa penerapan Simulasi Monte Carlo sebaiknya dilakukan dengan objek kapal dengan tonnase yang lebih besar karena memerlukan biaya tenaga kerja yang berlebih berdasarkan berat dari masing-masing blok pekerjaan sehingga berdampak pada penyelesaian yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- Christian, Cefiro, dan Sentosa. 2013. Studi Kasus Penerapan Metode PERT pada Proyek Gudang X.
- Fadjar, Adnan. 2008. Aplikasi Simulasi Monte Carlo dalam Estimasi Biaya Proyek. Universitas Tadulako. Palu
- Hanna, M., & Ruwanpura, J. Y., 2007. *Simulation Tool for Manpower Forecast Loading and Resource Leveling*. Paper presented at the Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference.
- Harold, Kerzner. 1995. *Project Management: A System Approach to Planning*.
- Kwak, Y. H., & Ingall, L. ,2007. Exploring Monte Carlo Simulation Applications For Project Management. *Risk Management*, 9, 44-57.
- Manfaat, Djauhar. 1989. Optimasi Perencanaan Jam Orang dan Jam Mesin Dalam Pembangunan *Fixed Offshore Platform* di PT. Guna Nusa Utama Fabriktors Jakarta. Penelitian. ITS.
- McCabe, B. ,2003. *Monte Carlo Simulation For Schedule Risks*. Paper presented at the Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
- Project Management Institute. 2004. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide* (3rd ed.). Newton Square. Pennsylvania.
- Pujawan, I Nyoman. 1995. *Ekonomi Teknik edisi I*. PT Guna Widya. Jakarta
- Somantri. 2005. Studi Tentang Perencanaan Waktu dan Biaya Proyek Ruang Kelas di Politeknik Manufaktur pada PT. Haryang Kuning.
- Soejitmo, Anjar. 1996. *Galangan kapal*, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sugiharto, Bambang. 2007. Aplikasi Simulasi untuk Peramalan Permintaan dan Pengelolaan Persediaan yang Bersifat Probabilistik. Jakarta.
- Suputra. 2011. Penjadwalan Proyek dengan *Precedence Diagram Method (PDM)* dan *Ranked Position Weight Method (RPWM)*. Denpasar.
- Taha, H. A. ,1997, *Operation Research An Introduction* (6th ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Wittwer, J. W. 2004. "*Monte Carlo Simulation Basics*". <http://vertex42.com>.



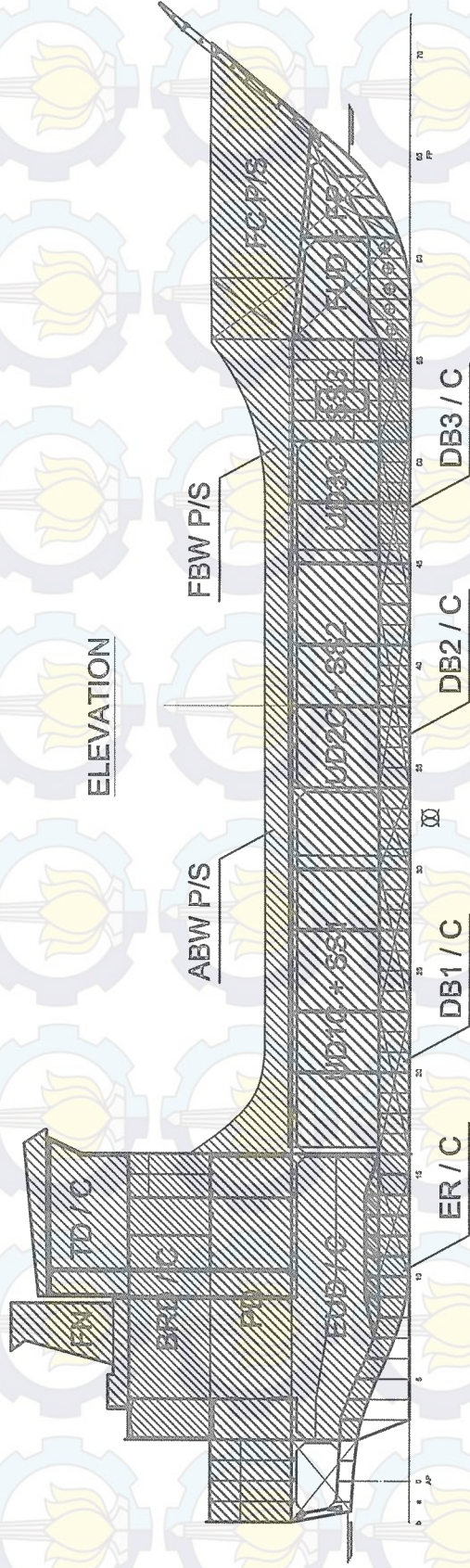


PRINCIPAL PARTICULARS :

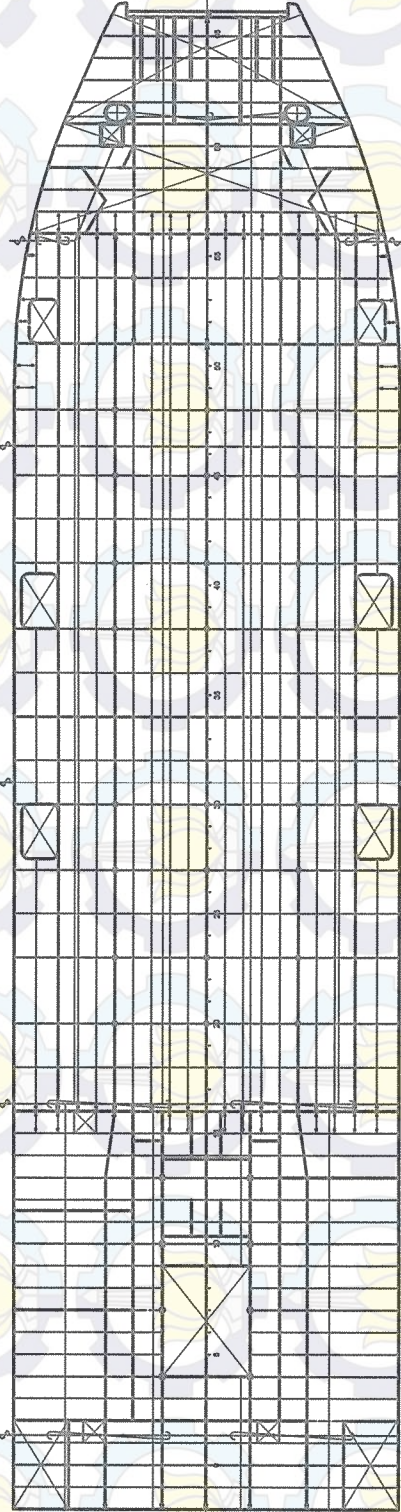
LENGTH OVER ALL	(Loa) = 43.11 m
LENGTH PERPENDICULAR	(Lpp) = 39.00 m
BREADTH MOULDED	(B) = 10.50 m
DEPTH MOULDED	(H) = 3.25 m
DRAUGHT	(T) = 1.80 m

Office : PT. CITRA MAS Konsultan		No. 22 Komplek Perkotaan Nirwana - Surabaya Telp. 031-8702270 - Fax. 031-8707000 Email : citramas@citramas.net.id	
PROJECT NAME : LANDING CRAFT UTILITY 300 DWT ADRI - XLVII	DRAWING NO. : CM003-.....	SCALE : SIZE : SHEET : 1 of 1	
NAME : SIGNED : DATED :	DWG TITLE : GENERAL ARRANGEMENT		
ALL RIGHT RESERVED ARE PROPERTY OF PT. CITRA MAS		REVISED : 0 1 2 3	

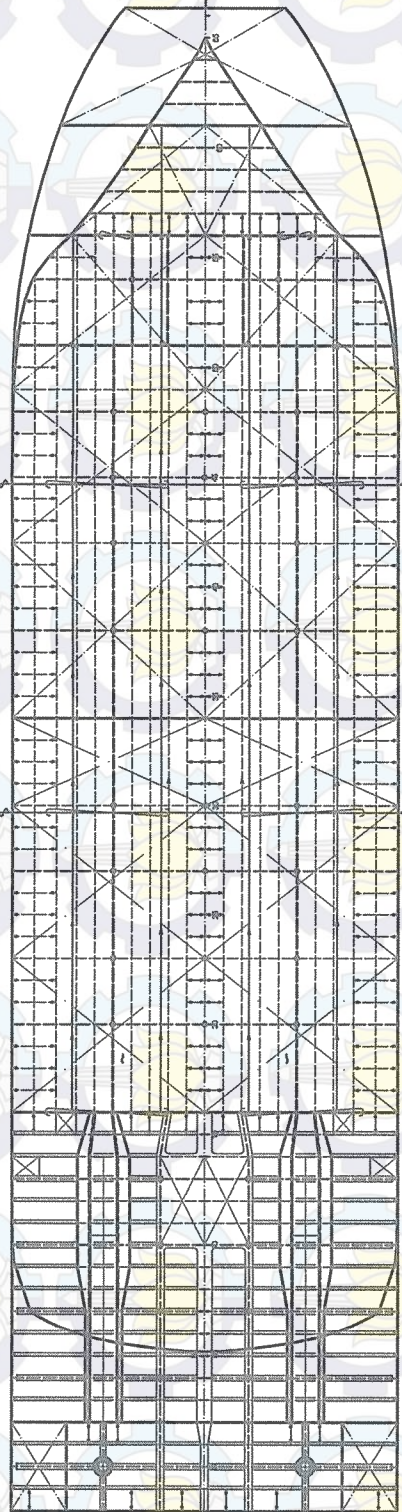
ELEVATION



MAIN DECK (CAR DECK)




DOUBLE BOTTOM

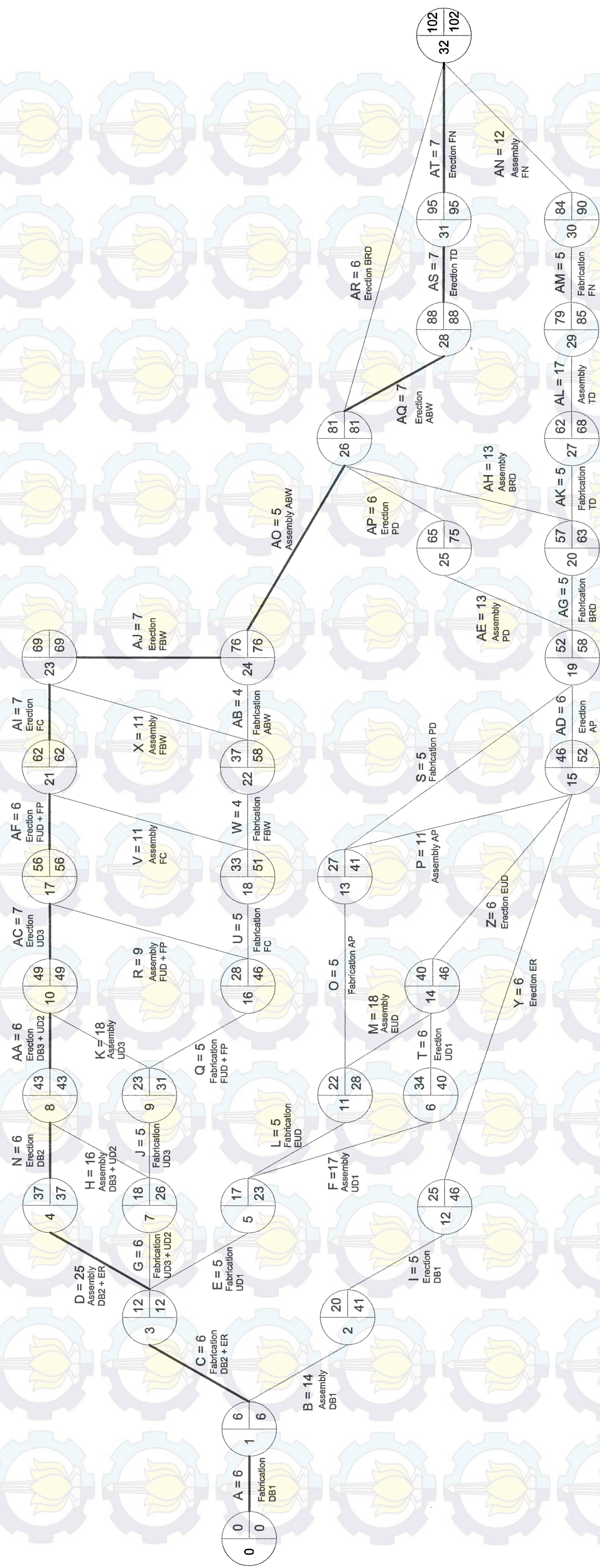


PRINCIPAL PARTICULARS :
LENGTH OVER ALL (Loa) = 43.325 m
LENGTH PERPENDICULAR (Lpp) = 38.00 m
BREADTH MOULDED (B) = 10.50 m
DEPTH MOULDED (D) = 3.25 m
DRAUGHT (T) = 1.80 m

REMARK
ALL TRANSVERSAL SECTION LOOKING FORWARD
ALL LONGITUDINAL SECTION LOOKING PORTSIDE
WELDING : SEE WELDING DETAIL & PROCEDURE,
WELDING TABEL

	PT. PRABINA AULIA SARANA	
	PROJECT NAME : LANDING CRAFT UTILITY 300 DWT ADRI - XLVII	
	PROJECT NO.	DWG TITLE :
	DESIGNED BY	PT. CITRA MAS
DRAWN BY		
CHECKED BY		
APPROVED BY		
SCALE	NO SCALE	1/11
DWG	NO. PDHC.004	REV.

NETWORK PLANNING PEMBANGUNAN LANDING CRAFT UTILITY DURASI AWAL

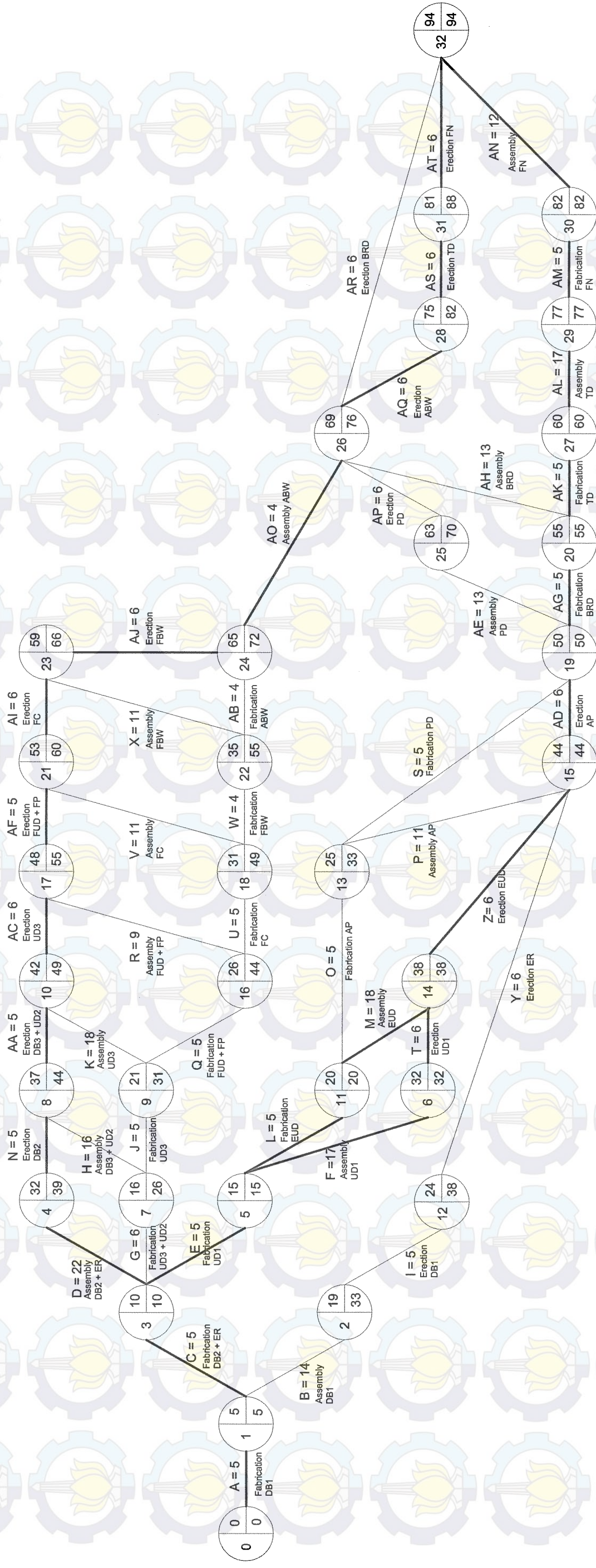


LINTASAN KRITIS : A - C - D - N - AA - AC - AF - AI - AJ - AO - AQ - AS - AT

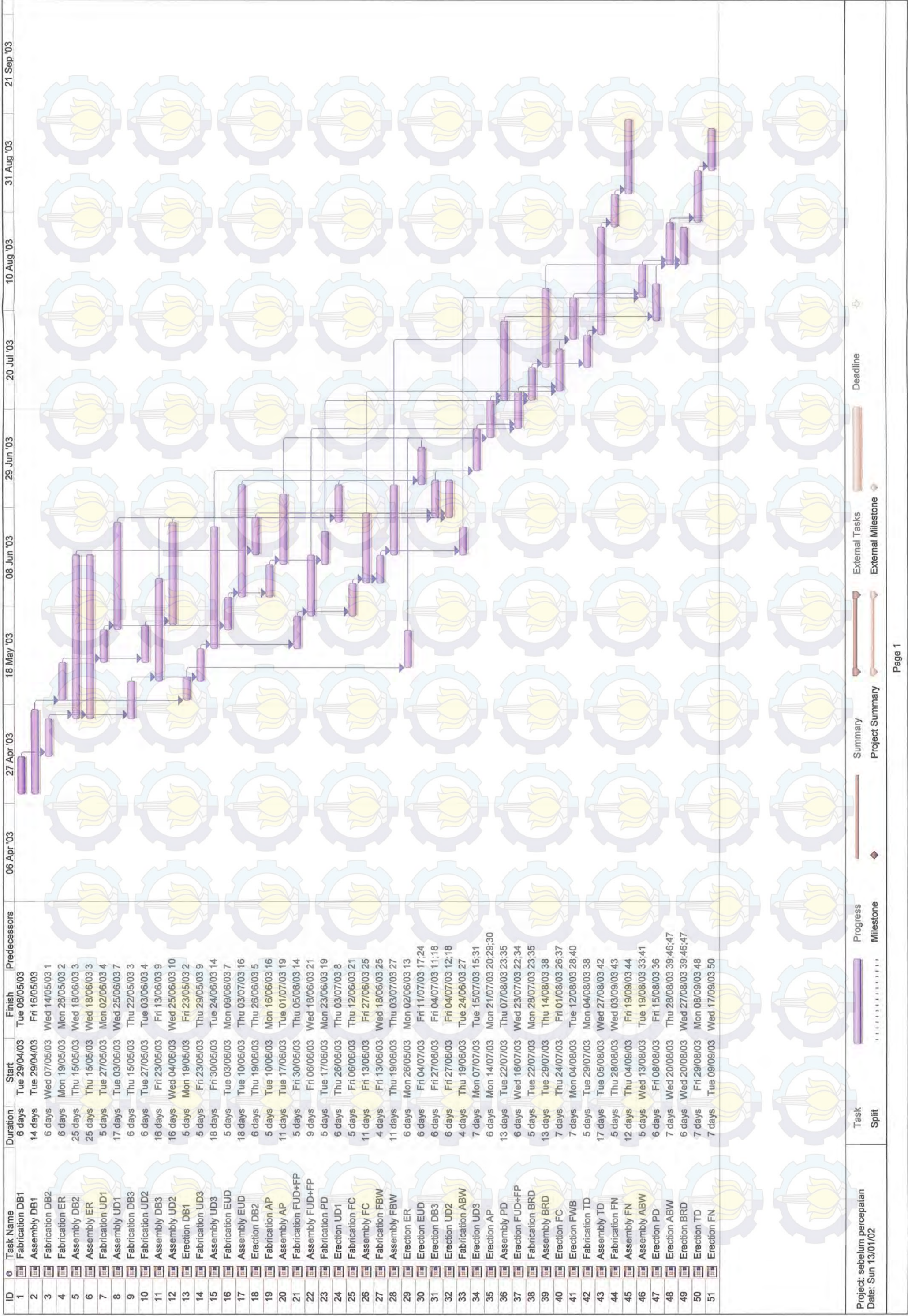
NETWORK PLANNING PEMBANGUNAN LANDING CRAFT UTILITY PERCEPATAN 12 HARI

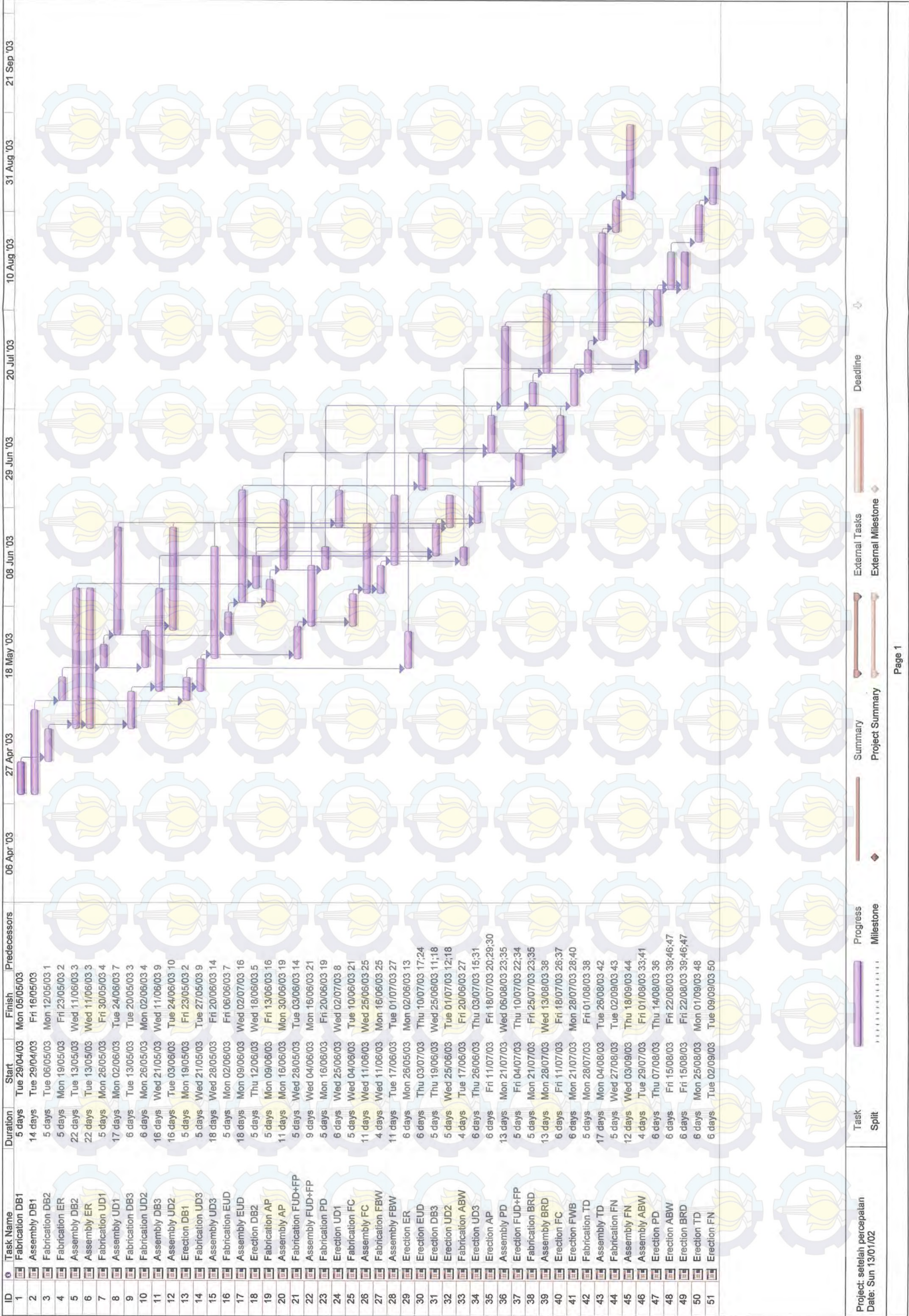


NETWORK PLANNING PEMBANGUNAN LANDING CRAFT UTILITY DURASI BARU



LINTASAN KRITIS :
A - C - D - N - AA - AC - AF - AI - AJ - AO - AQ - AS - AT
A - C - E - L - M - Z - AD - AG - AK - AL - AM - AN
A - C - E - F - T - Z - AD - AG - AK - AL - AM - AN







BIODATA PENULIS



Maulidya Octaviani Bustamin, biasanya dipanggil dengan nama Lidya. Penulis dilahirkan di Surabaya, 7 Oktober, sebagai anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan SD sampai dengan SMA Muhammadiyah di Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2008 dengan nomor registrasi NRP. 4308100001. Selama masa perkuliahan penulis aktif di organisasi kemahasiswaan jurusan, selain itu penulis aktif mengikuti berbagai pelatihan dan seminar, penulis pernah menjadi konseptor Seminar Nasional bekerjasama dengan Komunitas Migas Indonesia. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di bidang studi *Project Management*, Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada akhir tahun 2012 dengan nomor registrasi NRP. 9112202407. Penulis telah menyelesaikan thesis selama satu semester dan dapat dihubungi di octaviani.maulidya@gmail.com.



KAJIAN PERCEPATAN PENJADWALAN PEMBANGUNAN *LANDING CRAFT UTILITY* (LCU) DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

Maulidya Octaviani Bustamin¹⁾ dan Nadjadji Anwar²⁾

¹⁾ Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Cokroaminoto 12A, Surabaya, 60264, Indonesia
e-mail: octaviani.maulidya@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

ABSTRAK

Suatu pelaksanaan konstruksi proyek biasanya mengalami keterlambatan waktu pelaksanaan yang cukup lama sehingga harus pula mengeluarkan biaya lebih. Sesuai dengan perjanjian kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan pembangunan kapal tersebut salah satunya proses pembangunan *Hull Construction* LCU.

Untuk tercapainya proses pembangunan pada waktu yang telah ditentukan dan mendapatkan kualitas produksi yang diharapkan, maka urutan dari proses pembangunan sebuah kapal harus ditentukan secara rasional dan disesuaikan dengan fasilitas produksi yang tersedia di galangan. Tujuan dari penyusunan Tesis ini adalah untuk membuat penjadwalan probabilistik yang sifatnya tidak tentu yang mengakibatkan proyek pembangunan melebihi estimasi waktu yang telah direncanakan. Penelitian mengenai penjadwalan probabilistic pada Tesis ini akan diaplikasikan pada proyek pembangunan kapal *Landing Craft Utility* (LCU).

Tahap yang akan dilakukan antara lain dengan cara mengumpulkan data penjadwalan proyek, menentukan hubungan antar aktivitas proyek, melakukan estimasi durasi aktivitas proyek serta melakukan simulasi dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Dari hasil simulasi didapatkan pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utiliy* pada bagian *Hull Construction*, yang semula selama 102 hari dipercepat menjadi 99 hari dengan tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 3%. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan durasi optimal selama 94 hari dengan percepatan penjadwalan pembangunan kapal LCU selama 8 hari dengan penambahan biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan sebesar Rp 27.300.000,- atau sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya.

Kata kunci: *Landing Craft Utility, Monte Carlo Simulation, Hull Construction*

PENDAHULUAN

Peran angkutan laut di Indonesia yang merupakan negara kepulauan adalah sangat penting. Angkutan barang melalui laut sangat efisien dibanding moda angkutan darat dan udara. Hampir semua barang impor, ekspor, dan muatan dalam jumlah sangat besar diangkut dengan menggunakan kapal laut. Banyak sekali sumber daya alam yang dihasilkan oleh laut Indonesia ini yang memicu perindustrian kapal dan bangunan lepas pantai berkembang pesat. Tentu banyak sekali perusahaan di dalam negeri ataupun diluar negeri membuat bangunan laut seperti kapal dan bangunan lepas pantai lainnya. Dalam pembuatan bangunan tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang tepat agar proyek pembangunan kapal berjalan dengan jadwal yang disepakati sebelumnya oleh pihak galangan dan dengan *owner*.



Dalam sebuah kontrak kerja sebuah pembangunan kapal akan banyak hal yang akan disepakati berkaitan dengan proses pembangunan tersebut. Yang paling penting adalah mengenai waktu pembangunan, yaitu waktu dimana sebuah proyek siap dimulai sampai bangunan tersebut selesai dibangun hingga siap dirasakan manfaatnya. Selain itu, nilai proyek juga sangat penting pada sebuah proyek, bisa jadi nilai merupakan parameter utama dari disetujuinya proyek pembangunan kapal.

Monte Carlo Simulation atau disingkat MCS adalah salah satu teknik asesmen risiko kuantitatif yang dapat digunakan oleh berbagai organisasi dalam proses manajemen risiko, terutama dalam tahapan analisis risiko dan/atau evaluasi risiko yang memiliki fenomena variabel acak. Analisis dan evaluasi risiko dengan fenomena variabel acak tidak hanya terjadi untuk peristiwa-peristiwa risiko pasar, risiko kredit, dan risiko operasional dalam dunia perbankan, tetapi juga untuk risiko operasional di berbagai industri lain misalnya industri minyak dan gas dan pertambangan maupun perkapalan. Selain itu pula perlu dilakukan percepatan penjadwalan dengan random acak untuk mengetahui durasi percepatan yang paling efisien tanpa mengabaikan biaya yang harus dikeluarkan.

Keterlambatan pada penjadwalan proyek terjadi dikarenakan adanya keterlambatan pula pada suplai material yang digunakan untuk pembangunan kapal. Serta adanya pengaruh dari sumber daya galangan yang memungkinkan terjadinya keterlambatan.

Atas dasar tersebut penulis berharap dapat memberikan solusi percepatan waktu akibat keterlambatan tersebut dalam proyek pembangunan pada *Landing Craft Utility* (LCU) dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* (MCS).

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah untuk membuat model simulasi percepatan penjadwalan pengerjaan proyek pembangunan *Hull Construction* kapal LCU dengan menggunakan *Monte Carlo Simulation* berdasarkan tingkat keyakinan penyelesaian dan menganalisa pengaruh percepatan waktu pembangunan *Hull Construction* kapal LCU terhadap jam kerja dan biaya tenaga kerja sehingga dapat memberikan manfaat serta solusi kepada perusahaan dalam usaha mempercepat waktu pengerjaan pembangunan proyek LCU dengan distribusi probablistik akibat adanya keterlambatan, selain itu juga dapat memberikan informasi mengenai waktu dan biaya tenaga kerja yang dapat dipertimbangkan dalam proses pembangunan kapal, dapat bermanfaat pada hasil yang didapat sesuai dengan rencana sebelumnya untuk mendekati target durasi yang diharapkan oleh *owner*.

METODE

Penelitian ini dilakukan secara garis besar terdiri atas beberapa tahap, yaitu tahap identifikasi, membuat jaringan kerja, kemudian mempercepat umur proyek, pengolahan durasi percepatan dengan model simulasi monte carlo, serta menentukan jam kerja dan biaya tenaga kerja. Tahap Identifikasi dilakukan dengan identifikasi kondisi proyek, permasalahan, dan pengumpulan data yang relevan.

Membuat *Network Planning*

Analisis dengan menggunakan *Network* dapat membantu dalam menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Disamping itu, *Network* dengan menggunakan *Critical Path Methode* (CPM) dan *Program Evaluation Review and Technique* (PERT) juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan. CPM adalah metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan estimasi waktunya bersifat deterministik/pasti.

Sedangkan PERT metode yang berorientasi pada waktu yang mengarah pada penentuan jadwal dan waktunya bersifat probabilistik/kemungkinan. Akan tetapi dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah CPM. Metode ini dapat diharapkan dapat



mengontrol koordinasi berbagai kegiatan dalam suatu pekerjaan sehingga proyek dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang tepat dan juga dapat membantu perusahaan dalam mengadakan perencanaan dan pengendalian proyek.

Menurut Kerzer (1995) suatu proyek dapat dikatakan sukses bila mampu memenuhi ruang lingkup proyek (*scope*) menyelesaikan proyek dengan tepat waktu atau lebih singkat dari waktu yang telah disepakati, dan menghemat dana yang tersedia secara bersamaan. Pendekatan menggunakan *critical path method* memberikan mekanisme dalam mengidentifikasi dan sesuatu yang kritis dalam kondisi ketidakpastian proyek. Metode ini memungkinkan untuk mengantisipasi kondisi ketidakpastian dan variabilitas yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek.

Beberapa keuntungan menggunakan metode CPM adalah, meningkatnya tingkat kesuksesan proyek, proyek dapat berjalan tepat waktu, proyek terselesaikan dengan biaya dibawah yang dianggarkan, mengurangi durasi proyek, penyederhanaan manajemen proyek, peningkatan pencapaian proyek dengan jumlah *resource* yang sama

CPM memberikan berbagai informasi penting mengenai spesifik proyek, yakni total waktu untuk menyelesaikan proyek, awal dijadwalkan dan tanggal selesai setiap tugas yang berkaitan dengan selesainya proyek, lintasan "kritis" dalam proyek dan harus diselesaikan persis seperti yang dijadwalkan, tenggang waktu yang tersedia dalam non-tugas penting, serta berapa lama mereka dapat ditunda sebelum kegiatan tersebut mempengaruhi tanggal selesainya suatu proyek.

Jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network planning* sehingga memiliki durasi pengerjaan terpanjang. Dari sini dapat diketahui waktu yang dapat dipersingkat untuk menyelesaikan proyek. setiap keterlambatan kegiatan pada jalur kritis langsung berdampak pada penyelesaian proyek yang telah direncanakan. Total jangka waktu yang lebih pendek dari jalur kritis disebut sub-kritis atau non-kritis.

Dalam CPM dianalisa kegiatan apa saja yang memiliki paling sedikit fleksibilitas penjadwalan, yaitu yang paling *mission critical*, kemudian diprediksi jadwal durasi proyek berdasarkan kegiatan yang jatuh sepanjang "jalur kritis". Kegiatan yang terletak di sepanjang jalur kritis tidak dapat ditunda atau waktu penyelesaian untuk keseluruhan proyek akan tertunda juga. Tidak hanya perencanaan penyusunan jadwal, CPM juga membantu dalam perencanaan sumber daya.

Mempercepat Umur Proyek

Keadaan yang dihadapi disini adalah adanya perbedaan antara umur perkiraan proyek dan umur rencana proyek. Umur rencana proyek biasanya lebih pendek lebih dari pada umur perkiraan proyek. Umur perkiraan proyek ditentukan oleh lintasan kritis yang terlama waktu pelaksanaannya, dan waktu pelaksanaan tersebut merupakan jumlah lama kegiatan perkiraan dari kegiatan-kegiatan kritis yang membentuk lintasan kritis. Sedangkan umur rencana proyek ditentukan berdasarkan kebutuhan manajemen dan atau waktu sebab-sebab lain.

Supaya proyek dapat diselesaikan dengan rencana, umur perkiraan proyek harus disamakan dengan umur rencana proyek. Caranya dengan mempercepat lama kegiatan perkiraan secara proporsional (catatan: hal terakhir ini berlaku untuk keadaan yang tidak ada ketentuan-ketentuan lain yang harus dipenuhi). Syarat mempercepat umur proyek adalah telah ada *network diagram* yang tepat, lama kegiatan perkiraan masing-masing kegiatan telah ditentukan. Kemudian dihitung EET dan LET semua peristiwa, serta ditentukan pula umur rencana proyek (UREN).

Perkiraan waktu penyelesaian proyek menggunakan *Single duration estimate*, atau perkiraan waktu tunggal untuk setiap aktivitas. Cara ini dapat dilakukan apabila durasi dapat diketahui dengan akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Pendekatan CPM menggunakan cara ini karena CPM beranggapan bahwa setiap *fluktuasi* dapat diatasi dengan fungsi kontrol.



Prosedur mempercepat umur proyek adalah:

1. Membuat *network diagram* dengan nomor-nomor peristiwa sama seperti semula dengan lama kegiatan perkiraan baru untuk langkah perkiraan baru untuk langkah ulangan, dan sama dengan semula untuk langkah siklus utama.
2. Dengan dasar EET peristiwa awal, $EET_1 = 0$, dihitung EET lainnya. Umur perkiraan proyek ($UPER$) = EET peristiwa akhir (EET_m , m adalah nomor peristiwa akhir *network diagram* atau nomor maksimal peristiwa).
3. Dengan dasar LET peristiwa akhir *network diagram* (LET_m) = umur proyek direncanakan ($UREN$), dihitung LET semua peristiwa.
4. Hitung TF semua kegiatan yang ada. Bila tidak ada TF yang berharga negative, proses perhitungan selesai. Bila masih ada TF berharga negative, lanjutkan ke langkah berikut. Cari lintasan-lintasan yang terdiri dari kegiatan yang TF masing-masing besarnya:

$$\text{Total Float} = LET - L - EET \quad (1)$$

5. Lama kegiatan dari peristiwa tersebut diatas adalah Ln , n adalah nomor urut kegiatan tersebut dalam satu lintasan. $n = 1, 2, 3, \dots, z$
6. Hitung lama kegiatan baru dari kegiatan tersebut diatas (langkah ke - e dan f) dengan menggunakan:

$$Ln(\text{baru}) = Ln(\text{lama}) + \frac{Ln(\text{lama})}{Li} \times (UREN - UPER) \quad (2)$$

Keterangan:

$Ln(\text{baru})$ = Lama kegiatan baru

$Ln(\text{lama})$ = Lama kegiatan lama

Li = Jumlah lama kegiatan satu lintasan dipercepat

$UREN$ = Umur rencana proyek

$UPER$ = Umur perkiraan proyek

Simulasi Monte Carlo

Suatu metode untuk mengevaluasi model deterministik dengan menggunakan sekumpulan bilangan acak (*random number*) sebagai masukan. Metode *Monte Carlo* hanyalah salah satu metode yang dapat dilakukan untuk melakukan analisa propagasi ketidakpastian, dimana tujuannya adalah untuk menentukan bagaimana variasi acak dari parameter masukan peluang kegagalan atau $F(x)$ dari unit atau sistem yang mempengaruhi kehandalan dari sistem yang sedang dimodelkan. Ilustrasi variasi acak dari parameter masukan dan pengaruh terhadap kehandalan. Kehandalan dan *maintainability* alat atau sistem dapat disimulasikan dengan menggunakan *random number* yang dihasilkan dari *Excel's RAND ()*. Fitur ini dapat digunakan untuk menghasilkan bilangan acak (*random number*) antara nilai minimum dan maksimum.

Metode Monte Carlo mensimulasikan sistem tersebut berulang-ulang kali, ratusan bahkan sampai ribuan kali tergantung sistem yang ditinjau, dengan cara memilih sebuah nilai random untuk setiap variabel dari distribusi probabilitasnya. Hasil yang didapatkan dari simulasi tersebut adalah sebuah distribusi probabilitas dari nilai sebuah sistem secara keseluruhan. Dalam bidang manajemen proyek Metode *Monte Carlo Simulation* ini digunakan untuk menghitung atau mengiterasi biaya dan waktu sebuah proyek dengan menggunakan nilai-nilai yang dipilih secara random dari distribusi probabilitas biaya dan waktu yang mungkin terjadi, dengan tujuan untuk menghitung distribusi kemungkinan biaya dan waktu total dari sebuah proyek (Project Management Institute, 2004).

Pada umumnya literatur-literatur manajemen proyek menempatkan simulasi Monte Carlo dibawah topik manajemen resiko, atau kadang berada pada topik manajemen waktu dan manajemen biaya. Project Management Institute (2004) menerapkan sebuah pendekatan standar manajemen resiko yang meliputi enam proses; Perencanaan Manajemen Resiko,



Identifikasi Resiko, Kualifikasi Resiko, Kuantifikasi Resiko, Perencanaan Respon Resiko, dan Pemantauan & Evaluasi Resiko, simulasi Monte Carlo ditempatkan sebagai bagian dari proses Kuantifikasi Resiko.

Tinjauan Jam Orang

Fungsi penentuan jam orang bagi suatu perusahaan khususnya galangan adalah sebagai pedoman dalam menentukan tarif jasa pekerjaan. Tarif jasa untuk pekerjaan dapat diperkirakan dari besarnya jumlah jam orang untuk volume pekerjaan yang diberikan. Selain itu penentuan jam orang juga digunakan untuk memperkirakan besarnya volume pekerjaan yang disesuaikan dengan fasilitas yang ada dan metode yang akan digunakan, sehingga dapat dijadikan sebagai pedoman pada pekerjaan berikutnya yang berkaitan erat dengan waktu penyelesaian suatu beban pekerjaan.

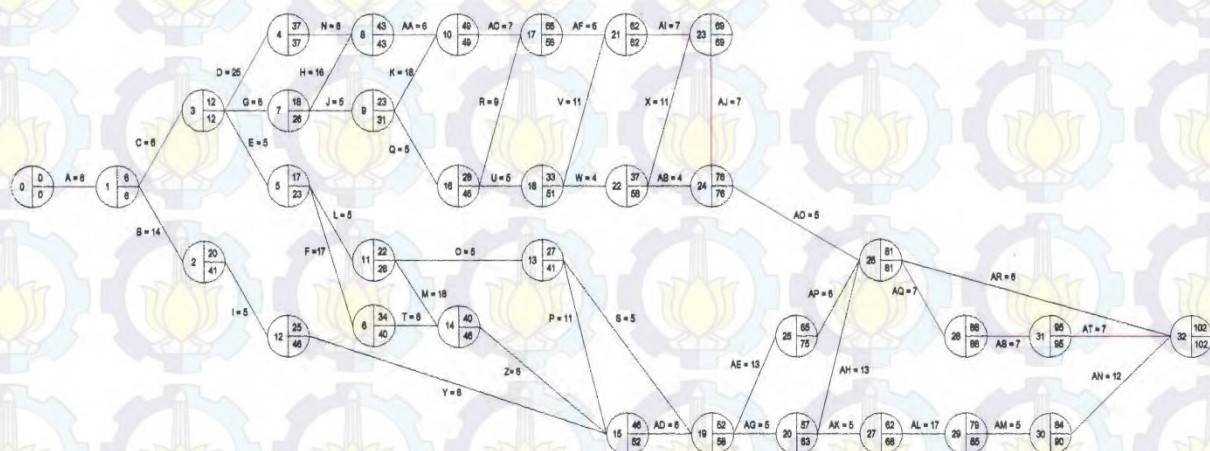
Penentuan jam orang pada awalnya dilakukan dengan cara pendekatan rumus atau berdasarkan standart jam orang yang telah ada (JO Standart). Akan tetapi dengan pendekatan rumus sulit diterapkan untuk perusahaan galangan di Indonesia, hal ini disebabkan karena pendekatan rumus tersebut didapat dari data untuk galangan di negara maju, sedangkan galangan di Indonesia pada umumnya berbeda kondisinya dengan galangan di negara maju. Dengan demikian pendekatan dengan menggunakan rumus sulit diterapkan. Sedangkan cara yang tepat adalah dengan menggunakan standart yang telah ada dari pekerjaan yang dilakukan galangan atau dengan standart jam orang dari galangan lain dengan koreksi tertentu.

Penentuan jam orang dan jam mesin sangatlah diperlukan dalam memperkirakan beberapa biaya yang dikeluarkan untuk suatu pekerjaan. Sehingga pada tahap perencanaan pekerjaan perlu adanya penentuan jam orang dan jam mesin yang optimal. Jam orang (JO) dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$JO = \frac{\text{Volume atau berat baja yang diproses (kg)}}{\text{Standart kerja atau faktor jam orang } \left(\frac{\text{kg}}{\text{Jam Orang}} \right)} \quad (3)$$

Standart jam orang ini ditentukan dengan menggunakan standart yang telah ada, baik berdasarkan data yang telah dianalisa maupun pengoreksian standart galangan lain. Standart jam orang tidak dapat berubah kecuali adanya perubahan penerapan metode produksi dan penggunaan teknologi baru dalam proses produksi. Perhitungan diatas untuk tiap komponen pekerjaan kemudian dijumlahkan, sehingga didapat perkiraan pemakaian jam orang secara keseluruhan secara menyeluruh.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Netwrok Planning Durasi Awal



Tabel 1. Aktivitas, Dependency dan Durasi Kegiatan Pembangunan LCU

No	Nama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi (hari)	No	Nama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi (hari)
1	A	Fabrication DB1	-	6	24	X	Assembly FBW	W	11
2	B	Assembly DB1	A	14	25	Y	Erection ER	I	6
3	C	Fabrication DB2 + ER	A	6	26	Z	Erection EUD	M, T	6
4	D	Assembly DB2 + ER	C	25	27	AA	Erection DB3 + UD2	N, H	6
5	E	Fabrication UD1	C	5	28	AB	Fabrication ABW	W	4
6	F	Assembly UD1	E	17	29	AC	Erection UD3	AA, K	7
7	G	Fabrication DB3 + UD2	C	6	30	AD	Erection AP	P, Y, Z	6
8	H	Assembly DB3 + UD2	G	16	31	AE	Assembly PD	S, AD	13
9	I	Erection DB1	B	5	32	AF	Erection FUD+FP	R, AC	6
10	J	Fabrication UD3	G	5	33	AG	Fabrication BRD	S, AD	5
11	K	Assembly UD3	J	18	34	AH	Assembly BRD	AG	13
12	L	Fabrication EUD	E	5	35	AI	Erection FC	V, AF	7
13	M	Assembly EUD	L	18	36	AJ	Erection FWB	X, AI	7
14	N	Erection DB2	D	6	37	AK	Fabrication TD	AG	5
15	O	Fabrication AP	L	5	38	AL	Assembly TD	AK	17
16	P	Assembly AP	O	11	39	AM	Fabrication FN	AL	5
17	Q	Fabrication FUD+FP	J	5	40	AN	Assembly FN	AM	12
18	R	Assembly FUD+FP	Q	9	41	AO	Assembly ABW	AB, AJ	5
19	S	Fabrication PD	O	5	42	AP	Erection PD	AE	6
20	T	Erection UD1	F	6	43	AQ	Erection ABW	AP, AO, AH	7
21	U	Fabrication FC	Q	5	44	AR	Erection BRD	AP, AO, AH	6
22	V	Assembly FC	U	11	45	AS	Erection TD	AQ	7
23	W	Fabrication FBW	U	4	46	AT	Erection FN	AS	7

Setelah membuat *network diagram*, maka langkah selanjutnya adalah menganalisa waktu pelaksanaan kegiatan. Tujuannya adalah untuk mengetahui *earliest even time* (EET) dan *latest even time* (LET) dari sebuah *network diagram* secara menyeluruh sesuai dengan jaringan kerja yang telah dibuat sebelumnya.

EET merupakan suatu peristiwa yang mungkin terjadi dan tidak akan mungkin terjadi sebelumnya. Sedangkan LET merupakan saat yang paling lambat suatu peristiwa yang bersangkutan boleh terjadi dan tidak boleh terjadi sesudahnya, sehingga memungkinkan suatu proyek selesai pada waktu yang telah direncanakan.

Tabel 2. Perhitungan *Earliest Even Time* (EET)

Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan	Nama	EET Sebelum	EET Setelah	Jumlah Penambahan
EET ₀	-	-	0	EET ₁₇	28	9	37
EET ₁	0	6	6	EET ₁₈	28	5	33
EET ₂	6	14	20	EET ₁₉	27	5	32
EET ₃	6	6	12	EET ₂₀	46	6	52
EET ₄	12	25	37	EET ₂₁	52	5	57
EET ₅	12	5	17	EET ₂₂	56	6	62
EET ₆	17	17	34	EET ₂₃	33	11	44
EET ₇	12	6	18	EET ₂₄	33	4	37
EET ₈	37	6	43	EET ₂₅	62	7	69
EET ₉	18	16	34	EET ₂₆	37	11	48
EET ₁₀	18	5	23	EET ₂₇	37	4	41
EET ₁₁	43	6	49	EET ₂₈	69	7	76
EET ₁₂	23	18	41	EET ₂₉	52	13	65
EET ₁₃	17	5	22	EET ₃₀	57	13	70
EET ₁₄	20	5	25	EET ₃₁	65	6	71
EET ₁₅	22	5	27	EET ₃₂	76	5	81
EET ₁₆	22	18	40	EET ₃₃	57	5	62
EET ₁₇	34	6	40	EET ₃₄	81	7	88
EET ₁₈	25	6	31	EET ₃₅	62	17	79
EET ₁₉	40	6	46	EET ₃₆	79	5	84
EET ₂₀	27	11	38	EET ₃₇	88	7	95
EET ₂₁	23	5	28	EET ₃₈	81	6	87
EET ₂₂	49	7	56	EET ₃₉	95	7	102
				EET ₄₀	84	12	96

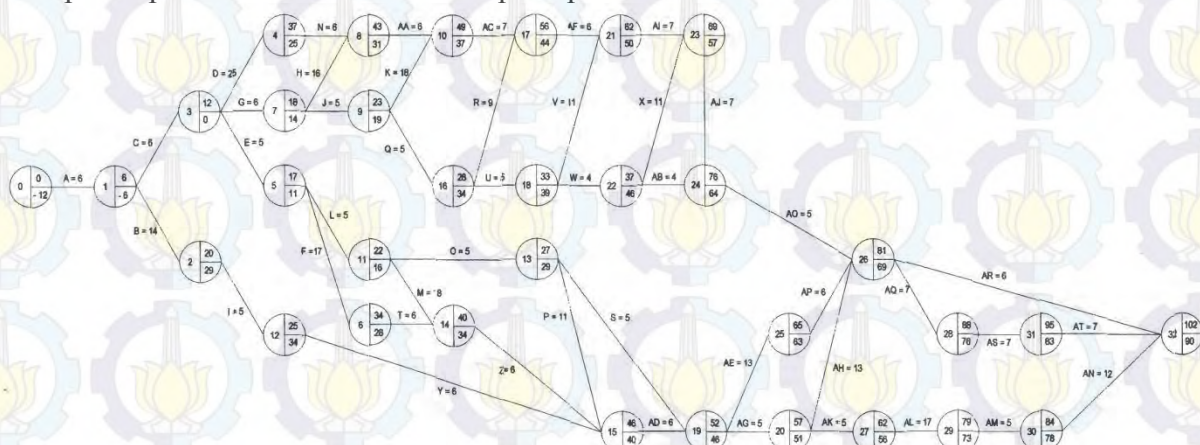


Tabel 3. Perhitungan *Latest Even Time* (LET)

Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan	Nama	LET Setelah	LET Sebelum	Jumlah Pengurangan
LET ₃₁	102	7	95	LET ₁₄	52	6	46
LET ₃₀	102	12	90	LET ₁₃	52	11	41
LET ₂₉	90	5	85	LET ₁₂	58	5	53
LET ₂₈	95	7	88	LET ₁₁	52	6	46
LET ₂₇	85	17	68	LET ₁₀	41	5	36
LET ₂₆	102	6	96	LET ₉	46	18	28
LET ₂₅	88	7	81	LET ₈	56	7	49
LET ₂₄	81	6	75	LET ₇	49	18	31
LET ₂₃	81	5	76	LET ₆	46	5	41
LET ₂₂	76	7	69	LET ₅	49	6	43
LET ₂₁	76	4	72	LET ₄	31	5	26
LET ₂₀	69	11	58	LET ₃	43	16	27
LET ₁₉	69	7	62	LET ₂	46	6	40
LET ₁₈	68	5	63	LET ₁	40	17	23
LET ₁₇	81	13	68	LET ₀	28	5	23
LET ₁₆	63	5	58		43	6	37
LET ₁₅	75	13	62		37	25	12
	58	4	54		26	6	20
	62	11	51		23	5	18
	62	6	56		46	5	41
	51	5	46		41	14	27
	56	9	47		12	6	6
	58	6	52		6	6	0

Penentuan lintasan kritis pada *network planning* awal yang telah dibuat sebelumnya merupakan prosedur pertama kali yang harus dilakukan sebelum melakukan penerapan aplikasi untuk mempercepat umur proyek. Lintasan kritis tersebut dapat dilihat dengan cara melihat kegiatan yang memiliki nilai EET dan LET yang sama. Berdasarkan hasil perhitungan EET dan LET tersebut didapatkan jalur kritis melalui kegiatan-kegiatan A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT

Setelah didapatkan jalur kritis pada *network planning* yang telah dibuat sebelumnya, selanjutnya adalah dilakukan percepatan penjadwalan yang total durasi pembangunan LCU selama 102 hari dipercepat menjadi 90 hari sesuai dengan kesepakatan. Kemudian dilakukan perhitungan EET dan LET kembali dari setiap kegiatan untuk percepatan penjadwalan selama 12 hari, sehingga total durasi pembangunan menjadi 90 hari. Perhitungan EET dan LET ini merupakan prosedur untuk melakukan percepatan durasi.



Gambar 2. *Network Planning* Percepatan 12 hari

Pada jalur lintasan kritis, hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang dirubah durasinya. Hal ini dikarenakan hanya kegiatan yang berada di jalur kritis yang memiliki pengaruh terhadap percepatan total durasi dari suatu pembangunan.



Untuk perhitungan durasi baru, dilakukan dengan cara mempercepat total durasi keseluruhan pembangunan dari 102 hari menjadi 90 hari. Berikut ini disajikan pada Tabel 4.4 hasil perhitungan LET dan EET untuk percepatan menjadi 90 hari.

Tabel 4. Nilai LET dan EET Tiap Kegiatan

Nama	Kegiatan	LET	EET	Nama	Kegiatan	LET	EET
A	Fabrication DB1	-6	0	X	Assembly FBW	57	37
B	Assembly DB1	29	6	Y	Erection ER	40	25
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	0	6	Z	Erection EUD	40	40
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	12	AA	Erection DB3 + Erection UD2	37	43
E	Fabrication UD1	11	12	AB	Fabrication ABW	64	37
F	Assembly UD1	28	17	AC	Erection UD3	44	49
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	14	12	AD	Erection AP	46	46
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	31	18	AE	Assembly PD	63	52
I	Erection DB1	34	20	AF	Erection FUD+FP	50	56
J	Fabrication UD3	19	18	AG	Fabrication BRD	51	52
K	Assembly UD3	37	23	AH	Assembly BRD	69	57
L	Fabrication EUD	16	17	AI	Erection FC	57	62
M	Assembly EUD	34	22	AJ	Erection FWB	64	69
N	Erection DB2	31	37	AK	Fabrication TD	56	57
O	Fabrication AP	29	22	AL	Assembly TD	73	62
P	Assembly AP	40	27	AM	Fabrication FN	78	79
Q	Fabrication FUD+FP	34	23	AN	Assembly FN	90	84
R	Assembly FUD+FP	44	28	AO	Assembly ABW	69	76
S	Fabrication PD	46	27	AP	Erection PD	69	65
T	Erection UD1	34	34	AQ	Erection ABW	76	81
U	Fabrication FC	39	28	AR	Erection BRD	90	81
V	Assembly FC	50	33	AS	Erection TD	83	88
W	Fabrication FBW	46	33	AT	Erection FN	90	95

Nilai LET dan EET yang terlihat pada Tabel 4 didapatkan setelah melakukan percepatan penjadwalan pembangunan menjadi 90 hari. Karena adanya percepatan tersebut, maka LET dan EET yang sebelumnya ada pada jaringan kerja awal dihitung kembali untuk percepatan menjadi 90 hari. Sehingga nilai LET dan EET yang baru mengacu pada jaringan kerja yang telah mengalami percepatan selama 12 hari.

Percepatan pembangunan menjadi total 90 hari dilakukan dengan menggunakan durasi baru yang diperoleh melalui beberapa perhitungan, yakni perhitungan mengenai durasi baru dan perhitungan mengenai total *float*.

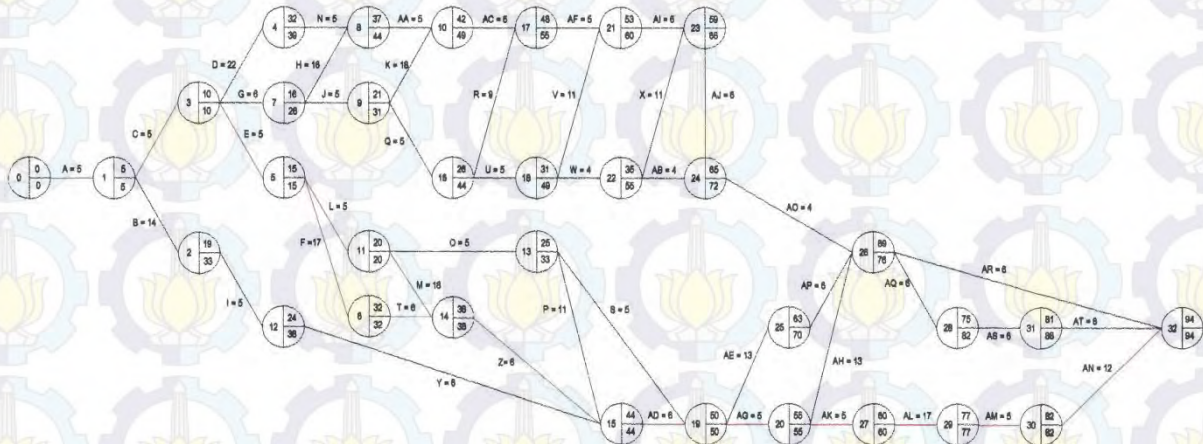
Dari perhitungan Total *Float* (TF) didapatkan nilai TF bernilai negatif yang paling kecil adalah nilai -12. Hal ini menunjukkan bahwa apabila dilakukan percepatan penjadwalan pembangunan sesuai dengan durasi yang diharapkan, maka harus dilakukan percepatan umur proyek proyek selama 12 hari.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Durasi Baru

Nama	LET	Durasi (Hari)	EET	Total <i>Float</i>	Durasi Baru (Hari)
A	-6	6	0	-12	5
C	0	6	6	-12	5
D	25	25	12	-12	22
N	31	6	37	-12	5
AA	37	6	43	-12	5
AC	44	7	49	-12	6
AF	50	6	56	-12	5
AI	57	7	62	-12	6
AJ	64	7	69	-12	6
AO	69	5	76	-12	4
AQ	76	7	81	-12	6
AS	83	7	88	-12	6
AT	90	7	95	-12	6



Berdasarkan perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5 diperoleh durasi baru untuk setiap kegiatan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan durasi baru tersebut ke dalam *network planning* yang baru seperti yang terlihat pada Gambar 3 dengan total keseluruhan proyek selama 94 hari. Kemudian untuk menganalisa kembali *network planning* tersebut. Dengan adanya perhitungan total *float* (TF), maka durasi yang baru menjadi total keseluruhan selama 94 hari. Dikarenakan adanya total keseluruhan durasi setelah percepatan menjadi 94 hari, maka dilakukan negosiasi terhadap pihak *owner* mengenai percepatan durasi yang awalnya 102 hari berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan simulasi monte carlo.



Gambar 3. *Netwrok Planning Durasi Baru*

Berdasarkan *network diagram* pada Gambar 4.10, dapat diketahui lintasan kritis pada jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- Lintasan 1 = A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT = 102 hari
- Lintasan 2 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
= 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari
- Lintasan 3 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN
= 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari

Maka dapat diambil kesimpulan bahwa, percepatan durasi untuk pembangunan *Landing Craft Utility* adalah yang semula durasi awal sebelum percepatan selama 102 hari harus dimampatkan menjadi target 90 hari dengan percepatan, sehingga percepatan durasi untuk pembangunan tersebut adalah harusnya selama 12 hari. Namun pada kenyataannya, setelah dilakukan analisa percepatan, total keseluruhan durasi tersebut menjadi 94 hari. Meskipun, hal ini belum memenuhi target untuk percepatan durasi menjadi total keseluruhan pembangunan menjadi 90 hari. Maka dari itu, perlu dilakukan analisa percepatan berdasarkan tingkat keyakinan menggunakan *Monte Carlo Simulation*.

Sebagai contoh, durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU akan terlihat sebagai berikut: = $RAND() \cdot (387 - 375) + 375$, formula ini akan menghasilkan angka random yang nilainya terletak antara 375 dan 387. Jika durasi setiap kegiatan disimulasikan dengan formula tersebut, maka durasi total dari proyek adalah jumlah dari durasi semua kegiatan.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa durasi keseluruhan kegiatan proyek pembangunan LCU 300 DWT adalah sebesar 387 hari dan dengan adanya percepatan durasi, maka durasi baru menjadi 375 hari, dimana total selisih dari durasi awal dan durasi baru adalah selama 12 hari, maka harus dilakukan percepatan selama 12 hari. Pada perhitungan sebelumnya telah dilakukan analisa percepatan yang awalnya selama 102 hari menjadi 94 hari, untuk menganalisa durasi pengerjaan ini, selanjutnya dilakukan beberapa kali iterasi untuk menentukan tingkat keyakinan pengerjaan proyek untuk durasi total pengerjaan pembangunan tersebut. Fungsi *RAND* yang ada pada *Ms Excel* untuk menghasilkan angka random.



Tabel 6. Hasil Iterasi Pembangunan LCU 300 DWT

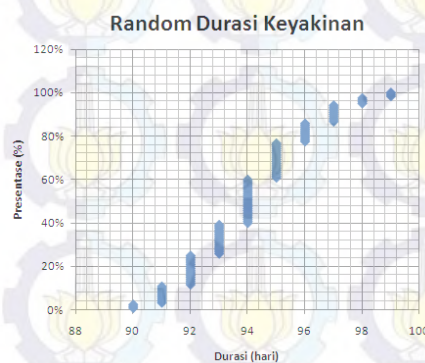
Nama	t awal (hari)	t baru (hari)	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5	Rata-rata	t (1)
A	6	5,29412	5,429038	5,303691	5,312177	5,305017	5,311724	5,332929	5
B	14	14	14	14	14	14	14	14	14
C	6	5,29412	5,459991	5,451193	5,452173	5,451374	5,452139	5,453374	5
D	25	22,05882	23,3099	22,14314	23,21787	23,01187	23,21294	22,97915	23
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	17	17	17	17	17	17	17	17	17
G	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I	5	5	5	5	5	5	5	5	5
J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
K	18	18	18	18	18	18	18	18	18
L	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M	18	18	18	18	18	18	18	18	18
N	6	5,29412	5,496054	5,332016	5,491691	5,364866	5,395659	5,416057	5
O	5	5	5	5	5	5	5	5	5
P	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q	5	5	5	5	5	5	5	5	5
R	9	9	9	9	9	9	9	9	9
S	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T	6	6	6	6	6	6	6	6	6
U	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V	11	11	11	11	11	11	11	11	11
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Y	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Z	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AA	6	5,29412	5,973191	5,607562	5,622344	5,613076	5,618397	5,686914	6
AB	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AC	7	6,17647	6,877348	6,184855	6,292377	6,210345	6,267413	6,366468	6
AD	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AE	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AF	6	5,29412	5,475191	5,324057	5,465929	5,382753	5,452601	5,420106	5
AG	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AH	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AI	7	6,17647	6,349359	6,231177	6,314445	6,298877	6,299278	6,298627	6
AJ	7	6,17647	6,254213	6,252735	6,25928	6,253053	6,253189	6,253294	6
AK	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AL	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AM	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AN	12	12	12	12	12	12	12	12	12
AO	5	4,41176	4,448262	4,414955	4,416462	4,416028	4,416229	4,422387	4
AP	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AQ	7	6,17647	6,837315	6,810519	6,831106	6,824557	6,828168	6,826333	7
AR	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AS	7	6,17647	6,952292	6,799134	6,910736	6,858142	6,870973	6,878255	7
AT	7	6,17647	6,893028	6,564043	6,715653	6,593866	6,616835	6,676685	7
Jumlah	387	375	382,7628	386,2541	383,6873	382,8957	386,8411	383,132	377

Tujuan dari percepatan ini adalah mempercepat durasi pembangunan dari 102 hari menjadi 90 hari. Berdasarkan Tabel 6 di atas menunjukkan bahwa lintasan kritis dengan total durasi pengerjaan sebelum percepatan dan setelah percepatan adalah 387 dan 375 = 12 hari. Dengan total durasi lintasan kritis sebesar sebagai berikut:

- Sebelum percepatan = 6 + 6 + 25 + 6 + 6 + 7 + 6 + 7 + 7 + 5 + 7 + 7 + 7 = 102 hari
- Durasi percepatan 12 hari lintasan kritis = 5,29412 + 5,29412 + 22,05882 + 5,29412 + 5,29412 + 6,17647 + 5,29412 + 6,17647 + 6,17647 + 4,41176 + 6,17647 + 6,17647 + 6,17647 = (5 x 2,9412) + (6 x 6,17647) + 22,05882 + 4,41176 = (26,4706) + (37,05882) + 26,47058 = 90 hari
- Durasi percepatan menjadi 90 hari
 - Lintasan kritis 1 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari
 - Lintasan kritis 2 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari

Maka dari hasil tersebut di atas, durasi yang diinginkan sudah sesuai dengan yang diharapkan untuk total pengerjaan selama 90 hari untuk jalur lintasan kritis percepatan 12 hari. Ketika dilakukan percepatan lagi, maka lintasan kritis yang awalnya berada di atas, menjadi di bawah dengan total 2 lintasan kritis selama 94 hari. Dan untuk menganalisa kejadian durasi yang *random* atau acak, maka pada tulisan ini selanjutnya dilakukan *Monte Carlo Simulation* untuk mendapatkan durasi tingkat keyakinan ketika berhadapan dengan pihak *owner*. Berapa persen keyakinan yang bisa ditampilkan untuk menyelesaikan proyek pengerjaan pembangunan tersebut hingga selesai.

Berdasarkan Tabel 6 dengan hasil simulasi monte carlo dengan random acak, didapatkan sebaran data sebanyak 120 data. Didapatkan durasi nilai terkecil selama 90 hari dan durasi nilai terbesar selama 99 hari



Gambar 4. Grafik Tingkat Keyakinan Penyelesaian Proyek



Dari hasil grafik tersebut di atas seperti yang terlihat pada Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa penyelesaian pekerjaan selama 94 hari adalah yang paling banyak durasi keyakinannya, namun ketika proyek tersebut dipercepat menjadi 94 hari, keyakinan penyelesaian proyek tersebut adalah sebesar 40% hingga 60%.

Jika proyek LCU ingin dipercepat 90 hari, durasi awal dari 102 hari, dengan pecepatan selama 12 hari, maka keyakinannya hanya sekitar 3%. Sebaliknya jika ingin mendapatkan keyakinan penuh sebesar 100%, maka proyek tersebut harus dipercepat selama 99 hari. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mendapatkan keyakinan 100%, hanya dipercepat selama 3 hari dari total keseluruhan durasi selama 102 hari.

Waktu penyelesaian pembangunan akan berpengaruh terhadap biaya produksi, khususnya biaya tenaga kerja. Maka untuk selanjutnya dilakukan perhitungan biaya tenaga kerja yang terlibat dalam pembangunan kapal LCU, baik sebelum dilakukan pemampatan maupun setelah pemampatan.

Tabel 7. Kebutuhan Jam Orang Pembangunan LCU

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)	Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
A	Fabrication DB1	465	X	Assembly FBW	411
B	Assembly DB1	838	Y	Erection ER	780
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	877	Z	Erection EUD	437
D	Assembly DB2 + Assembly ER	1578	AA	Erection DB3 + Erection UD2	1234
E	Fabrication UD1	284	AB	Fabrication ABW	226
F	Assembly UD1	510	AC	Erection UD3	510
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	686	AD	Erection AP	385
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	1234	AE	Assembly PD	165
I	Erection DB1	838	AF	Erection FUD+FP	950
J	Fabrication UD3	251	AG	Fabrication BRD	87
K	Assembly UD3	452	AH	Assembly BRD	157
L	Fabrication EUD	243	AI	Erection FC	988
M	Assembly EUD	437	AJ	Erection FWB	411
N	Erection DB2	799	AK	Fabrication TD	52
O	Fabrication AP	214	AL	Assembly TD	94
P	Assembly AP	385	AM	Fabrication FN	62
Q	Fabrication FUD+FP	528	AN	Assembly FN	111
R	Assembly FUD+FP	950	AO	Assembly ABW	226
S	Fabrication PD	92	AP	Erection PD	165
T	Erection UD1	510	AQ	Erection ABW	407
U	Fabrication FC	549	AR	Erection BRD	157
V	Assembly FC	988	AS	Erection TD	94
W	Fabrication FBW	228	AT	Erection FN	111
			Jumlah		22156

Perhitungan besarnya tarif jam orang bagi tenaga kerja tetap yang diterapkan di galangan berdasarkan data perusahaan adalah sebagai berikut:

- Gaji pokok rata-rata per bulan = Rp 2.400.000,-
- Hari kerja rata-rata perbulan = 24 hari
- Jam kerja perhari = 8 jam
- Besarnya tarif jam per orang = $\text{Rp } 2.400.000 / (24 \times 8)$
= Rp 12.500,-
- Total kebutuhan jam orang = 22156

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja langsung dalam pembangunan *Landing Craft Utility* 300 DWT sebelum pemampatan adalah = $22156 \times \text{Rp } 12.500,- = \text{Rp } 276.950.000,-$

Melihat *network diagram* awal dan akhir terlihat bahwa tidak semua kegiatan mengalami percepatan. Percepatan durasi hanya terjadi pada beberapa kegiatan saja. Untuk mengetahui kebutuhan jam orang setelah dilakukan percepatan dapat dilihat pada Tabel 8. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui penambahan biaya yang harus dikeluarkan untuk percepatan pembangunan tersebut.



Tabel 8. Kebutuhan Jam Orang Lembur dan Biaya Kerja Lembur

Nama	Kegiatan	Jam Orang Lembur (J.O)	Biaya	
			J.O Lembur x 1,5 x tarif / J.O	
A	Fabrication DB1	80	Rp	1,500,000.00
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	144	Rp	2,700,000.00
D	Assembly DB2 + Assembly ER	192	Rp	3,600,000.00
N	Erection DB2	160	Rp	3,000,000.00
AA	Erection DB3 + Erection UD2	208	Rp	3,900,000.00
AC	Erection UD3	72	Rp	1,350,000.00
AF	Erection FUD+FP	192	Rp	3,600,000.00
AI	Erection FC	144	Rp	2,700,000.00
AJ	Erection FWB	72	Rp	1,350,000.00
AO	Assembly ABW	104	Rp	1,950,000.00
AQ	Erection ABW	56	Rp	1,050,000.00
AS	Erection TD	16	Rp	300,000.00
AT	Erection FN	16	Rp	300,000.00
Jumlah		1456	Rp	27,300,000.00

- Jumlah jam yang dikerjakan lembur = 1456
- Jumlah biaya yang dikerjakan lembur = Rp 27.300.000,-
- Jumlah jam yang dikerjakan tanpa lembur = 22156 – 1456 = 20700
- Jumlah biaya yang dikerjakan tanpa lembur = Rp 276.950.000,-

Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja lembur dalam pembangunan *Landing Craft Utility* setelah dilakukan pemampatan adalah = biaya lembur + biaya normal (tanpa lembur) = Rp 27.300.000 + Rp 276.950.000,- = Rp 304.250.000,-

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dengan adanya percepatan waktu penjadwalan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) mengalami penambahan biaya tenaga kerja sebesar = biaya setelah pemampatan – biaya sebelum pemampatan = Rp 304.250.000 - Rp 276.950.000 = Rp 27.300.000,-

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Hasil analisis terhadap *network planning* diagram menunjukkan bahwa aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis adalah sebagai berikut:
 Lintasan 1 = A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT = 90 hari
 Lintasan 2 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 94 hari
 Lintasan 3 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 94 hari
- Total durasi sebelum dan setelah percepatan selama 12 hari pada pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dijabarkan sebagai berikut:
 Total durasi keseluruhan tiap kegiatan pekerjaan kapal LCU = 387 hari
 Total durasi keseluruhan kapal tiap kegiatan setelah dipercepat = 375 hari
 Total durasi lintasan kritis untuk total pekerjaan *Hull Construction* = 102 hari
 Total durasi lintasan kritis *Hull Construction* setelah dipercepat = 90 hari
- Dengan menggunakan fungsi RAND. Angka acak (*random number*) dalam Simulasi Monte Carlo didapatkan hasil dari durasi keseluruhan adalah sebagai berikut:
 ❖ Dalam random acak MCS durasi terkecil selama 90 hari dan durasi terlama selama 99 hari. Dan random paling banyak menunjukkan durasi selama 94 hari pengerjaan.
 ❖ Untuk keseluruhan total pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* pada bagian *Hull Construction*, percepatan menjadi 99 hari tingkat keyakinannya sebesar 100%, 94 hari tingkat keyakinannya hingga sebesar 60%, dan untuk percepatan menjadi 90 hari tingkat keyakinannya hanya sebesar 3%.



4. Berdasarkan hasil durasi percepatan tersebut, dapat pula dianalisa mengenai pengaruh percepatan waktu terhadap tenaga kerja dan biaya. Berikut ini biaya yang harus ditambah dengan adanya percepatan durasi diantaranya adalah sebagai berikut:

- Biaya tenaga kerja sebelum percepatan = Rp 276.950.000,-
- Biaya tenaga kerja setelah percepatan = Rp 304.250.000,-
- Biaya penambahan = Rp 27.300.000,-

Biaya penambahan sebesar Rp 27.300.000,- ini adalah sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya total pengerjaan.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diharapkan bagi perusahaan untuk menerapkan CPM dalam proses pembangunan kapal. Sebab hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan CPM mampu memberikan solusi bagi galangan untuk mempercepat pembangunan kapal.
2. Aktivitas yang berada di jalur lintasan kritis perlu diberikan perhatian khusus. Apabila terjadi keterlambatan pada aktivitas yang termasuk dalam lintasan kritis, maka proyek akan mengalami keterlambatan dalam proses penyelesaian pembangunan kapal.
3. Analisa penerapan Simulasi Monte Carlo sebaiknya dilakukan dengan objek kapal dengan tonnase yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Hanna, M., & Ruwanpura, J. Y., 2007. *Simulation Tool for Manpower Forecast Loading and Resource Leveling*. Paper presented at the Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference.
- Harold, Kerzner. 1995. *Project Management: A System Approach to Planning*.
- Kwak, Y. H., & Ingall, L., 2007. Exploring Monte Carlo Simulation Applications For Project Management. *Risk Management*, 9, 44-57.
- Manfaat, Djauhar. 1989. Optimasi Perencanaan Jam Orang dan Jam Mesin Dalam Pembangunan *Fixed Offshore Platform* di PT. Guna Nusa Utama Fabricators Jakarta. Penelitian. ITS.
- McCabe, B., 2003. *Monte Carlo Simulation For Schedule Risks*. Paper presented at the Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference.
- Project Management Institute. 2004. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide* (3rd ed.). Newton Square, Pennsylvania: Project Management Institute.
- Soejitmo, Anjhar. 1996. *Galangan kapal*, Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.



TESIS – MMT ITS

KAJIAN PERCEPATAN PENJADWALAN PEMBANGUNAN LANDING CRAFT UTILITY (LCU) DENGAN METODE SIMULASI MONTE CARLO

Oleh:

Maulidya Octaviani Bustamin 9112.202.407

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc

PROGRAM MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI

Bidang Keahlian Manajemen Proyek

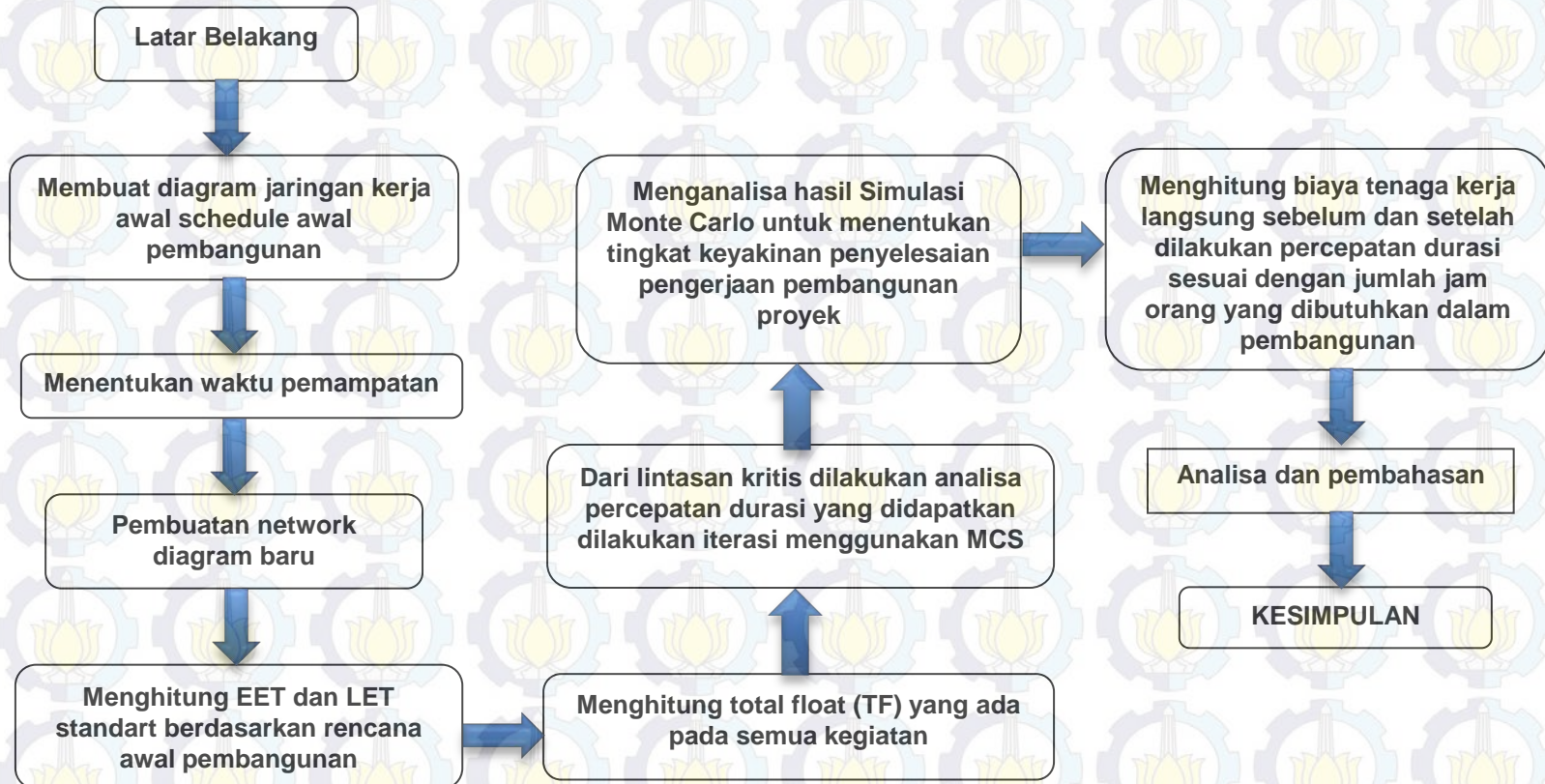
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2015

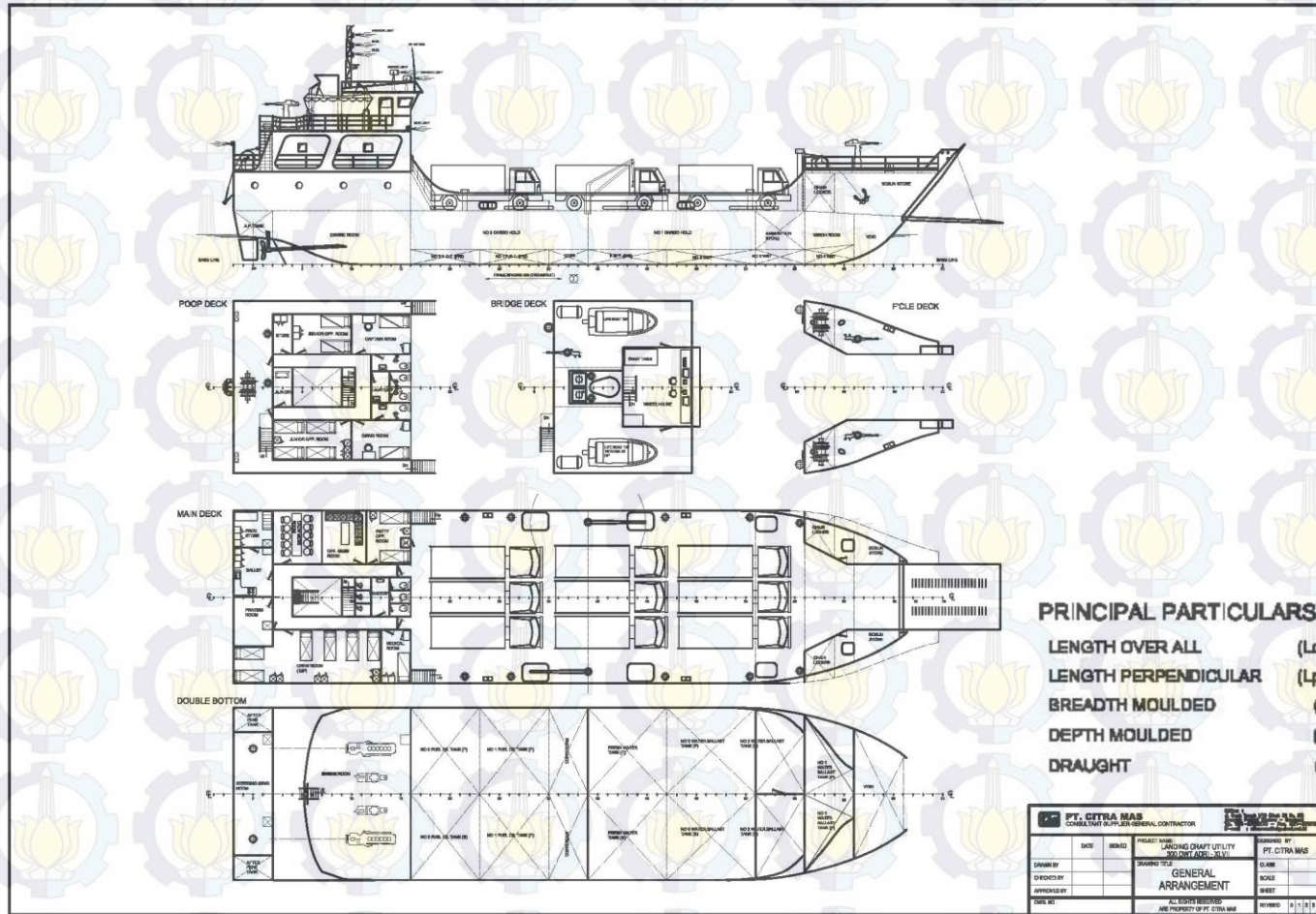
Latar Belakang

- Dalam pembangunan konstruksi membutuhkan waktu dan biaya yang tepat agar proyek tersebut berjalan dengan jadwal yang telah disepakati sebelumnya oleh pihak galangan dan pihak owner.
- Untuk mengantisipasi ketidakpastian dari durasi proyek dalam penjadwalan, telah dikembangkan metode dengan mempertimbangkan ketidakpastian menggunakan Simulasi Monte Carlo berdasarkan jumlah iterasi yang dapat ditentukan.

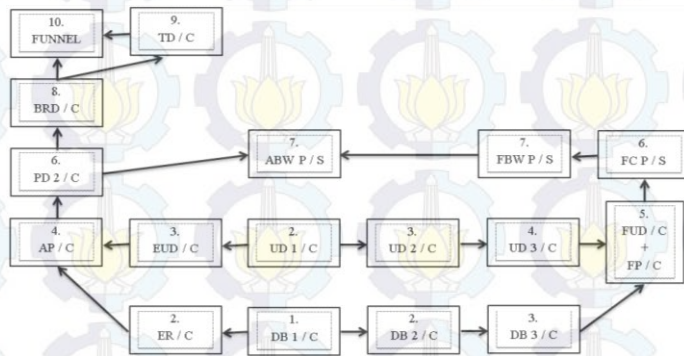
Metode Penelitian



General Arrangement LCU

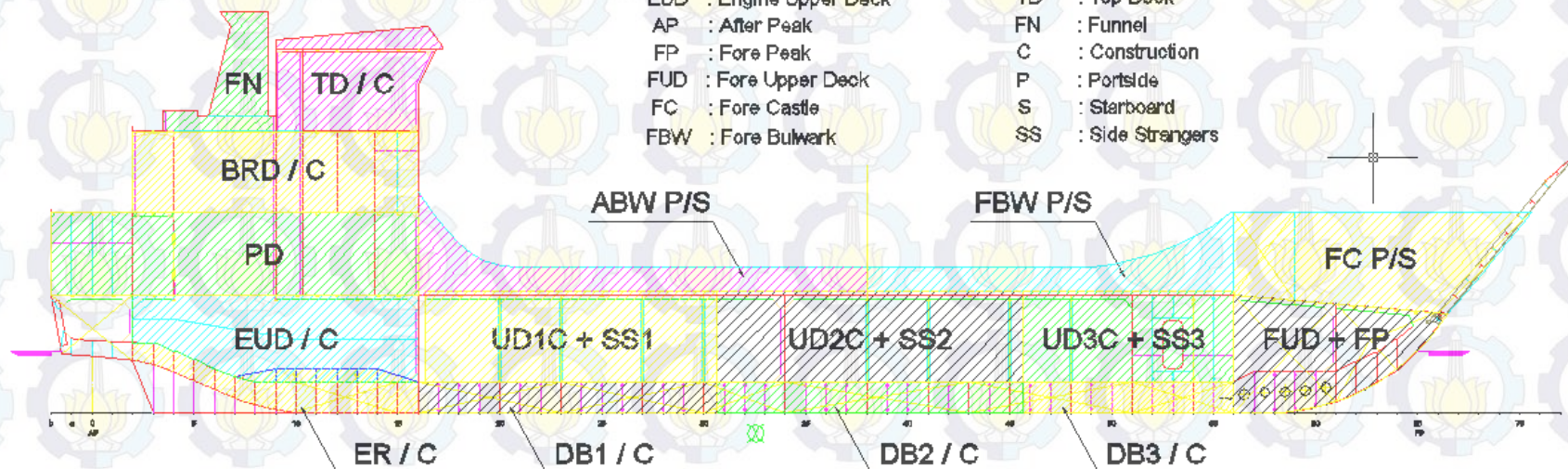


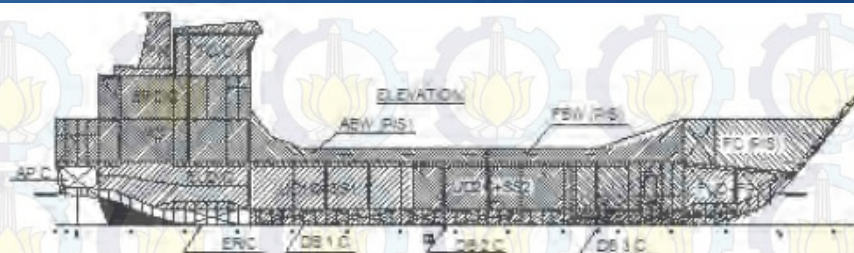
Erection Block LCU



DB : Double Bottom
 ER : Engine Room
 UD : Upper Deck
 EUD : Engine Upper Deck
 AP : After Peak
 FP : Fore Peak
 FUD : Fore Upper Deck
 FC : Fore Castle
 FBW : Fore Bulwark

ABW : After Bulwark
 PD : Poop Deck
 BRD : Bridge Deck
 TD : Top Deck
 FN : Funnel
 C : Construction
 P : Portside
 S : Starboard
 SS : Side Strangers





No	Nama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi (hari)
1	A	Fabrication DB1	-	6
2	B	Assembly DB1	A	14
3	C	Fabrication DB2	A	6
		Fabrication ER		
4	D	Assembly DB2	C	25
		Assembly ER		
5	E	Fabrication UD1	C	5
6	F	Assembly UD1	E	17
7	G	Fabrication DB3	C	6
		Fabrication UD2		
8	H	Assembly DB3	G	16
		Assembly UD2		
9	I	Erection DB1	B	5
10	J	Fabrication UD3	G	5
11	K	Assembly UD3	J	18
12	L	Fabrication EUD	E	5
13	M	Assembly EUD	L	18
14	N	Erection DB2	D	6
15	O	Fabrication AP	L	5
16	P	Assembly AP	O	11
17	Q	Fabrication FUD+FP	J	5
18	R	Assembly FUD+FP	Q	9
19	S	Fabrication PD	O	5
20	T	Erection UD1	F	6
21	U	Fabrication FC	Q	5
22	V	Assembly FC	U	11
23	W	Fabrication FBW	U	4

No	Nama	Kegiatan	Ketergantungan	Durasi (hari)
24	X	Assembly FBW	W	11
25	Y	Erection ER	I	6
26	Z	Erection EUD	M, T	6
27	AA	Erection DB3	N, H	6
		Erection UD2		
28	AB	Fabrication ABW	W	4
29	AC	Erection UD3	AA, K	7
30	AD	Erection AP	P, Y, Z	6
31	AE	Assembly PD	S, AD	13
32	AF	Erection FUD+FP	R, AC	6
33	AG	Fabrication BRD	S, AD	5
34	AH	Assembly BRD	AG	13
35	AI	Erection FC	V, AF	7
36	AJ	Erection FWB	X, AI	7
37	AK	Fabrication TD	AG	5
38	AL	Assembly TD	AK	17
39	AM	Fabrication FN	AL	5
40	AN	Assembly FN	AM	12
41	AO	Assembly ABW	AB, AJ	5
42	AP	Erection PD	AE	6
43	AQ	Erection ABW	AP, AO, AH	7
44	AR	Erection BRD	AP, AO, AH	6
45	AS	Erection TD	AQ	7
46	AT	Erection FN	AS	7

Perhitungan Total Float

$$TF = LET - L - EET$$

Nama	LET	Durasi (hari)	EET	Total Float
A	-6	6	0	-12
B	29	14	6	9
C	0	6	6	-12
D	25	25	12	-12
E	11	5	12	-6
F	28	17	17	-6
G	14	6	12	-4
H	31	16	18	-3
I	34	5	20	9
J	19	5	18	-4
K	37	18	23	-4
L	16	5	17	-6
M	34	18	22	-6
N	31	6	37	-12
O	29	5	22	2
P	40	11	27	2
Q	34	5	23	6
R	44	9	28	7
S	46	5	27	14
T	34	6	34	-6
U	39	5	28	6
V	50	11	33	6
W	46	4	33	9

Nama	LET	Durasi (hari)	EET	Total Float
X	57	11	37	9
Y	40	6	25	9
Z	40	6	40	-6
AA	37	6	43	-12
AB	64	4	37	23
AC	44	7	49	-12
AD	46	6	46	-6
AE	63	13	52	-2
AF	50	6	56	-12
AG	51	5	52	-6
AH	69	13	57	-1
AI	57	7	62	-12
AJ	64	7	69	-12
AK	56	5	57	-6
AL	73	17	62	-6
AM	78	5	79	-6
AN	90	12	84	-6
AO	69	5	76	-12
AP	69	6	65	-2
AQ	76	7	81	-12
AR	90	6	81	3
AS	83	7	88	-12
AT	90	7	95	-12



Perhitungan Durasi Baru

Nama	LET	Durasi (Hari)	EET	Total <i>Float</i>	Durasi Baru (Hari)
A	-6	6	0	-12	5
C	0	6	6	-12	5
D	25	25	12	-12	22
N	31	6	37	-12	5
AA	37	6	43	-12	5
AC	44	7	49	-12	6
AF	50	6	56	-12	5
AI	57	7	62	-12	6
AJ	64	7	69	-12	6
AO	69	5	76	-12	4
AQ	76	7	81	-12	6
AS	83	7	88	-12	6
AT	90	7	95	-12	6

$$Ln \text{ (baru)} = Ln \text{ (lama)} + \frac{Ln \text{ (lama)} \times (TF)}{Li}$$

QM for Windows Sebelum Percepatan

Project Management (PERT/CPM) Results

Landing Craft Utility Solution

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	102					
A	6	0	6	0	6	0
B	14	6	20	27	41	21
C	6	6	12	6	12	0
D	25	12	37	12	37	0
E	5	12	17	18	23	6
F	17	17	34	23	40	6
G	6	12	18	20	26	8
H	16	18	34	27	43	9
I	5	20	25	41	46	21
J	5	18	23	26	31	8
K	18	23	41	31	49	8
L	5	17	22	23	28	6
M	18	22	40	28	46	6
N	6	37	43	37	43	0
O	5	22	27	36	41	14
P	11	27	38	41	52	14
Q	5	23	28	41	46	18
R	9	28	37	47	56	19
S	5	27	32	53	58	26
T	6	34	40	40	46	6
U	5	28	33	46	51	18
V	11	33	44	51	62	18
W	4	33	37	54	58	21

Project Management (PERT/CPM) Results

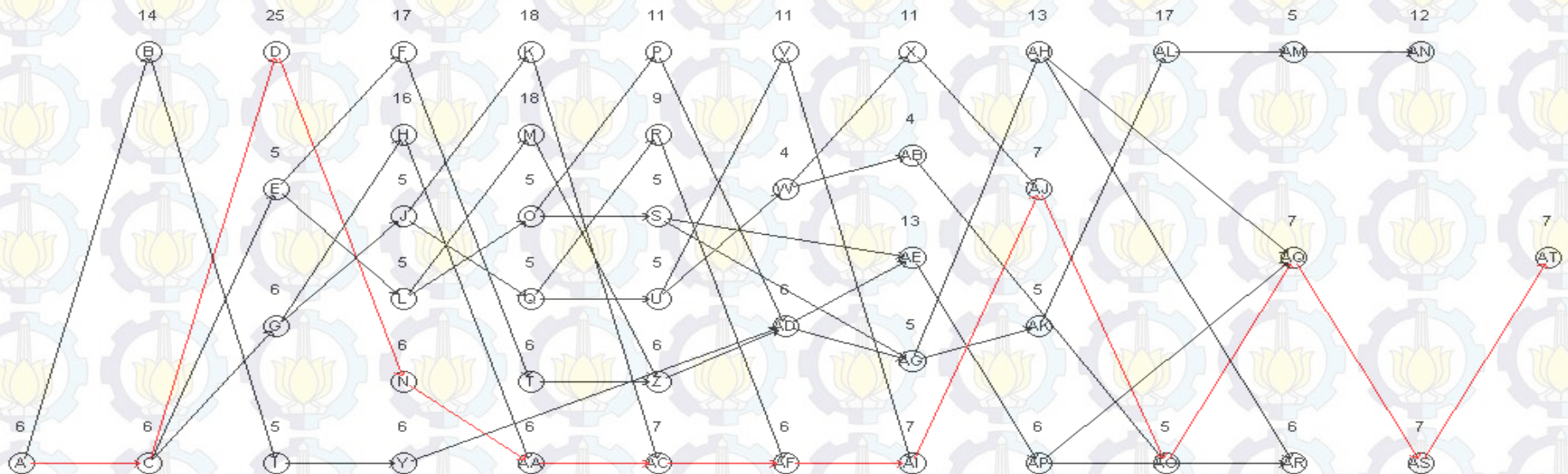
Landing Craft Utility Solution

	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
X	11	37	48	58	69	21
Y	6	25	31	46	52	21
Z	6	40	46	46	52	6
AA	6	43	49	43	49	0
AB	4	37	41	72	76	35
AC	7	49	56	49	56	0
AD	6	46	52	52	58	6
AE	13	52	65	62	75	10
AF	6	56	62	56	62	0
AG	5	52	57	58	63	6
AH	13	57	70	68	81	11
AI	7	62	69	62	69	0
AJ	7	69	76	69	76	0
AK	5	57	62	63	68	6
AL	17	62	79	68	85	6
AM	5	79	84	85	90	6
AN	12	84	96	90	102	6
AO	5	76	81	76	81	0
AP	6	65	71	75	81	10
AQ	7	81	88	81	88	0
AR	6	81	87	96	102	15
AS	7	88	95	88	95	0
AT	7	95	102	95	102	0



Network Planning Sebelum Percepatan dengan QM for Windows

Landing Craft Utility
Precedence Graph



Lintasan kritis = A – C – D – N – AA – AC – AF – AI – AJ – AO – AQ – AS – AT
 $= 6.00 + 6.00 + 24.67 + 6.00 + 6.00 + 7.00 + 6.00 + 7.00 + 7.00 + 5.00 + 7.00 + 7.00 + 7.00 = 101.67 = 102 \text{ hari}$

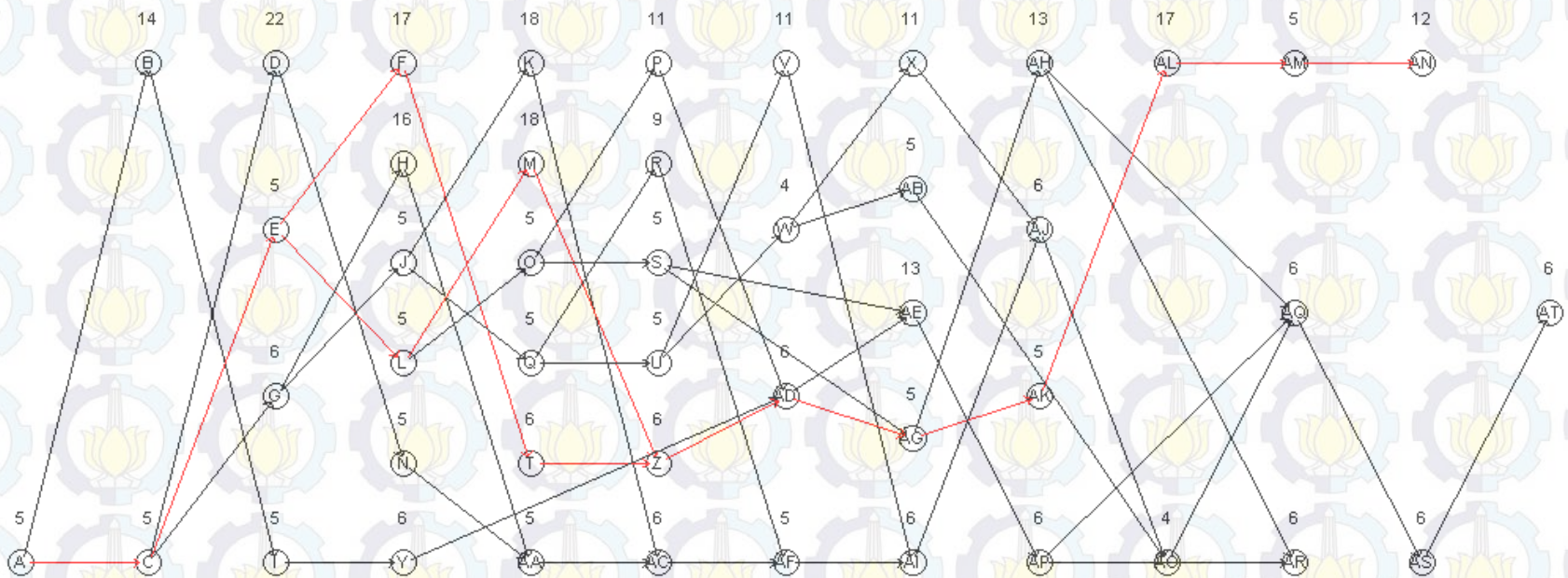
QM for Windows Setelah Percepatan

Landing Craft Utility Solution						
	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
Project	94					
A	5	0	5	0	5	0
B	14	5	19	19	33	14
C	5	5	10	5	10	0
D	22	10	32	17	39	7
E	5	10	15	10	15	0
F	17	15	32	15	32	0
G	6	10	16	20	26	10
H	16	16	32	28	44	12
I	5	19	24	33	38	14
J	5	16	21	26	31	10
K	18	21	39	31	49	10
L	5	15	20	15	20	0
M	18	20	38	20	38	0
N	5	32	37	39	44	7
O	5	20	25	28	33	8
P	11	25	36	33	44	8
Q	5	21	26	39	44	18
R	9	26	35	46	55	20
S	5	25	30	45	50	20
T	6	32	38	32	38	0
U	5	26	31	44	49	18
V	11	31	42	49	60	18
W	4	31	35	51	55	20

Landing Craft Utility Solution						
	Activity time	Early Start	Early Finish	Late Start	Late Finish	Slack
X	11	35	46	55	66	20
Y	6	24	30	38	44	14
Z	6	38	44	38	44	0
AA	5	37	42	44	49	7
AB	5	35	40	67	72	32
AC	6	42	48	49	55	7
AD	6	44	50	44	50	0
AE	13	50	63	57	70	7
AF	5	48	53	55	60	7
AG	5	50	55	50	55	0
AH	13	55	68	63	76	8
AI	6	53	59	60	66	7
AJ	6	59	65	66	72	7
AK	5	55	60	55	60	0
AL	17	60	77	60	77	0
AM	5	77	82	77	82	0
AN	12	82	94	82	94	0
AO	4	65	69	72	76	7
AP	6	63	69	70	76	7
AQ	6	69	75	76	82	7
AR	6	69	75	88	94	19
AS	6	75	81	82	88	7
AT	6	81	87	88	94	7

Network Planning Sebelum Percepatan dengan QM for Windows

Landing Craft Utility
Precedence Graph



Lintasan 1 = A-C-D-N-AA-AC-AF-AI-AJ-AO-AQ-AS-AT = 102 hari

Lintasan 2 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari

Lintasan 3 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN = 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = 94 hari

Perbandingan Durasi

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)
A	Fabrication DB1	6	5.29412
B	Assembly DB1	14	14
C	Fabrication DB2+ Fabrication ER	6	5.29412
D	Assembly DB2 + Assembly ER	25	22.05882
E	Fabrication UD1	5	5
F	Assembly UD1	17	17
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	6	6
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	16	16
I	Erection DB1	5	5
J	Fabrication UD3	5	5
K	Assembly UD3	18	18
L	Fabrication EUD	5	5
M	Assembly EUD	18	18
N	Erection DB2	6	5.29412
O	Fabrication AP	5	5
P	Assembly AP	11	11
Q	Fabrication FUD+FP	5	5
R	Assembly FUD+FP	9	9
S	Fabrication PD	5	5
T	Erection UD1	6	6
U	Fabrication FC	5	5
V	Assembly FC	11	11
W	Fabrication FBW	4	4

Nama	Kegiatan	Durasi Awal (Hari)	Durasi Baru (Hari)
X	Assembly FBW	11	11
Y	Erection ER	6	6
Z	Erection EUD	6	6
AA	Erection DB3 + Erection UD2	6	5.29412
AB	Fabrication ABW	4	4
AC	Erection UD3	7	6.17647
AD	Erection AP	6	6
AE	Assembly PD	13	13
AF	Erection FUD+FP	6	5.29412
AG	Fabrication BRD	5	5
AH	Assembly BRD	13	13
AI	Erection FC	7	6.17647
AJ	Erection FWB	7	6.17647
AK	Fabrication TD	5	5
AL	Assembly TD	17	17
AM	Fabrication FN	5	5
AN	Assembly FN	12	12
AO	Assembly ABW	5	4.41176
AP	Erection PD	6	6
AQ	Erection ABW	7	6.17647
AR	Erection BRD	6	6
AS	Erection TD	7	6.17647
AT	Erection FN	7	6.17647
Jumlah		387	375



Hasil Iterasi Pembangunan LCU

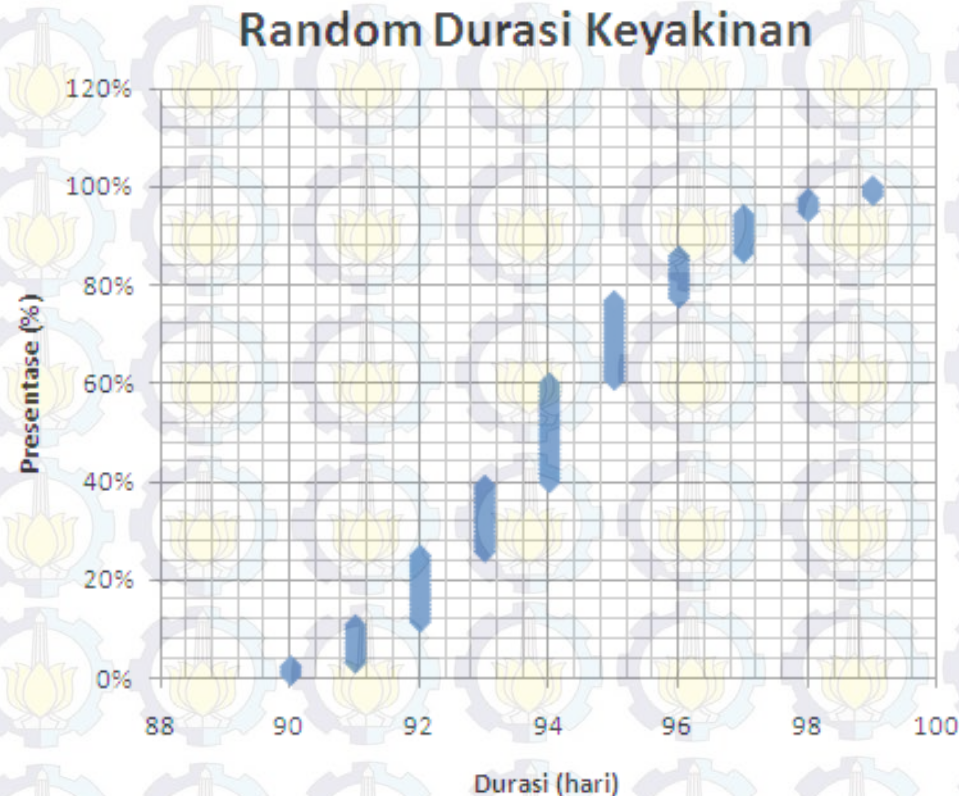
Nama	t awal (hari)	t baru (hari)	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5	Rata-rata	t (1)
A	6	5.29412	5.429038	5.303691	5.312177	5.305017	5.311724	5.332329	5
B	14	14	14	14	14	14	14	14	14
C	6	5.29412	5.459991	5.451193	5.452173	5.451374	5.452139	5.453374	5
D	25	22.05882	23.3099	22.14314	23.21787	23.01187	23.21294	22.97915	23
E	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	17	17	17	17	17	17	17	17	17
G	6	6	6	6	6	6	6	6	6
H	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I	5	5	5	5	5	5	5	5	5
J	5	5	5	5	5	5	5	5	5
K	18	18	18	18	18	18	18	18	18
L	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M	18	18	18	18	18	18	18	18	18
N	6	5.29412	5.496054	5.332016	5.491691	5.364866	5.395659	5.416057	5
O	5	5	5	5	5	5	5	5	5
P	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q	5	5	5	5	5	5	5	5	5
R	9	9	9	9	9	9	9	9	9
S	5	5	5	5	5	5	5	5	5
T	6	6	6	6	6	6	6	6	6
U	5	5	5	5	5	5	5	5	5
V	11	11	11	11	11	11	11	11	11
W	4	4	4	4	4	4	4	4	4
X	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Y	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Z	6	6	6	6	6	6	6	6	6

AA	6	5.29412	5.973191	5.607562	5.622344	5.613076	5.618397	5.686914	6
AB	4	4	4	4	4	4	4	4	4
AC	7	6.17647	6.877348	6.184855	6.292377	6.210345	6.267413	6.366468	6
AD	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AE	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AF	6	5.29412	5.475191	5.324057	5.465929	5.382753	5.452601	5.420106	5
AG	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AH	13	13	13	13	13	13	13	13	13
AI	7	6.17647	6.349359	6.231177	6.314445	6.298877	6.299278	6.298627	6
AJ	7	6.17647	6.254213	6.252735	6.25328	6.253053	6.253189	6.253294	6
AK	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AL	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AM	5	5	5	5	5	5	5	5	5
AN	12	12	12	12	12	12	12	12	12
AO	5	4.41176	4.448262	4.414955	4.416462	4.416028	4.416229	4.422387	4
AP	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AQ	7	6.17647	6.837315	6.810519	6.831106	6.824557	6.828168	6.826333	7
AR	6	6	6	6	6	6	6	6	6
AS	7	6.17647	6.952292	6.799134	6.910736	6.858142	6.870973	6.878255	7
AT	7	6.17647	6.893028	6.564043	6.715653	6.593866	6.616835	6.676685	7
Jumlah	387	375	382.7628	386.2541	383.6873	382.8957	386.8411	383.132	377

Berikut adalah hasil simulasi 5 iterasi (dalam hari). Fungsi Random yang digunakan pada Excel yakni **=RAND()*(maks-min)+min**

Simulasi Monte Carlo

- Dengan hasil Simulasi Monte Carlo dengan random acak, didapatkan sebaran data sebanyak 120 data. Didapatkan durasi nilai terkecil selama 90 hari dan durasi nilai terbesar selama 99 hari



Analisa Biaya Tenaga Kerja

$$JO = \frac{\text{Volume atau berat baja yang diproses (kg)}}{\text{Standart kerja atau faktor jam orang } \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Jam Orang}} \right)}$$

Besarnya standart kerja yang telah ditentukan PT. Palma Shipyard selaku perusahaan galangan adalah:

- Proses fabrikasi = 45 kg/JO
- Proses *assembly* = 25 kg/JO
- Proses *erection* = 25 kg/JO

No	Nama Blok Kapal	Berat (kg)
1	DB1	20940
2	DB2	19970
3	ER	19490
4	UD1	12760
5	UD2	11883
6	DB3	18975
7	UD3	11290
8	EUD	10930
9	AP	9637
10	FUD	23759
11	PD	4136
12	FC	24697
13	FBW	10270
14	ABW	10179
15	TD	2346
16	FN	2780
17	BRD	3931
	Jumlah	217973

Kebutuhan Jam Orang

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
A	Fabrication DB1	465
B	Assembly DB1	838
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	877
D	Assembly DB2 + Assembly ER	1578
E	Fabrication UD1	284
F	Assembly UD1	510
G	Fabrication DB3 + Fabrication UD2	686
H	Assembly DB3 + Assembly UD2	1234
I	Erection DB1	838
J	Fabrication UD3	251
K	Assembly UD3	452
L	Fabrication EUD	243
M	Assembly EUD	437
N	Erection DB2	799
O	Fabrication AP	214
P	Assembly AP	385
Q	Fabrication FUD+FP	528
R	Assembly FUD+FP	950
S	Fabrication PD	92
T	Erection UD1	510
U	Fabrication FC	549
V	Assembly FC	988
W	Fabrication FBW	228

Nama	Kegiatan	Kebutuhan Jam Orang (J.O)
X	Assembly FBW	411
Y	Erection ER	780
Z	Erection EUD	437
AA	Erection DB3 + Erection UD2	1234
AB	Fabrication ABW	226
AC	Erection UD3	510
AD	Erection AP	385
AE	Assembly PD	165
AF	Erection FUD+FP	950
AG	Fabrication BRD	87
AH	Assembly BRD	157
AI	Erection FC	988
AJ	Erection FWB	411
AK	Fabrication TD	52
AL	Assembly TD	94
AM	Fabrication FN	62
AN	Assembly FN	111
AO	Assembly ABW	226
AP	Erection PD	165
AQ	Erection ABW	407
AR	Erection BRD	157
AS	Erection TD	94
AT	Erection FN	111
Jumlah		22156



Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

- ❖ Perhitungan besarnya tarif jam orang bagi tenaga kerja tetap yang diterapkan di PT. Palma Shipyard berdasarkan data perusahaan adalah sebagai berikut:

Gaji pokok rata-rata per bulan	= Rp 2.400.000,-
Hari kerja rata-rata perbulan	= 24 hari
Jam kerja perhari	= 8 jam
Besarnya tarif jam per orang	= $\text{Rp } 2.400.000 / (24 \times 8)$ = Rp 12.500,-
Total kebutuhan jam orang	= 22156

- ❖ Dengan demikian besarnya biaya tenaga kerja langsung dalam pembangunan *Landing Craft Utility* 300 DWT sebelum pemampatan adalah:
= **22156 x Rp 12.500,-** = **Rp 276.950.000,-**



Biaya Tenaga Kerja Setelah Percepatan

Nama	Kegiatan	Jam Orang Lembur (J.O)	Biaya	
			J.O Lemburx1,5xtarif/J.O	
A	Fabrication DB1	80	Rp	1,500,000.00
C	Fabrication DB2 + Fabrication ER	144	Rp	2,700,000.00
D	Assembly DB2 + Assembly ER	192	Rp	3,600,000.00
N	Erection DB2	160	Rp	3,000,000.00
AA	Erection DB3 + Erection UD2	208	Rp	3,900,000.00
AC	Erection UD3	72	Rp	1,350,000.00
AF	Erection FUD+FP	192	Rp	3,600,000.00
AI	Erection FC	144	Rp	2,700,000.00
AJ	Erection FWB	72	Rp	1,350,000.00
AO	Assembly ABW	104	Rp	1,950,000.00
AQ	Erection ABW	56	Rp	1,050,000.00
AS	Erection TD	16	Rp	300,000.00
AT	Erection FN	16	Rp	300,000.00
Jumlah Penambahan Biaya		1456	Rp	27,300,000.00

KESIMPULAN

❖ Sebelum percepatan

$$= 6 + 6 + 25 + 6 + 6 + 7 + 6 + 7 + 7 + 5 + 7 + 7 + 7 = \mathbf{102 \text{ hari}}$$

❖ Durasi percepatan 12 hari

$$\begin{aligned} &= 5,29412 + 5,29412 + 22,05882 + 5,29412 + 5,29412 + 6,17647 + 5,29412 + \\ &6,17647 + 6,17647 + 4,41176 + 6,17647 + 6,17647 + 6,17647 \\ &= (5 \times 2,9412) + (6 \times 6,17647) + 22,05882 + 4,41176 \\ &= (26,4706) + (37,05882) + 26,47058 = \mathbf{90 \text{ hari}} \end{aligned}$$

❖ Durasi percepatan menjadi 90 hari

Lintasan kritis 1 = A-C-E-F-T-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN

$$= 5 + 5 + 5 + 17 + 6 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = \mathbf{94 \text{ hari}}$$

Lintasan kritis 2 = A-C-E-L-M-Z-AD-AG-AK-AL-AM-AN

$$= 5 + 5 + 5 + 5 + 18 + 6 + 6 + 5 + 5 + 17 + 5 + 12 = \mathbf{94 \text{ hari}}$$



KESIMPULAN

Total durasi sebelum dan setelah percepatan selama 12 hari pada pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utility* (LCU) dijabarkan sebagai berikut:

- ❖ Total durasi keseluruhan tiap kegiatan pekerjaan kapal LCU = **387 hari**
- ❖ Total durasi keseluruhan kapal tiap kegiatan setelah dipercepat = **375 hari**
- ❖ Total durasi lintasan kritis untuk total pekerjaan *Hull Contruction* = **102 hari**
- ❖ Total durasi lintasan kritis *Hull Contruction* setelah dipercepat = **90 hari**

Dengan menggunakan fungsi RAND. Angka acak (*random number*) dalam Simulasi Monte Carlo didapatkan hasil dari durasi keseluruhan adalah:

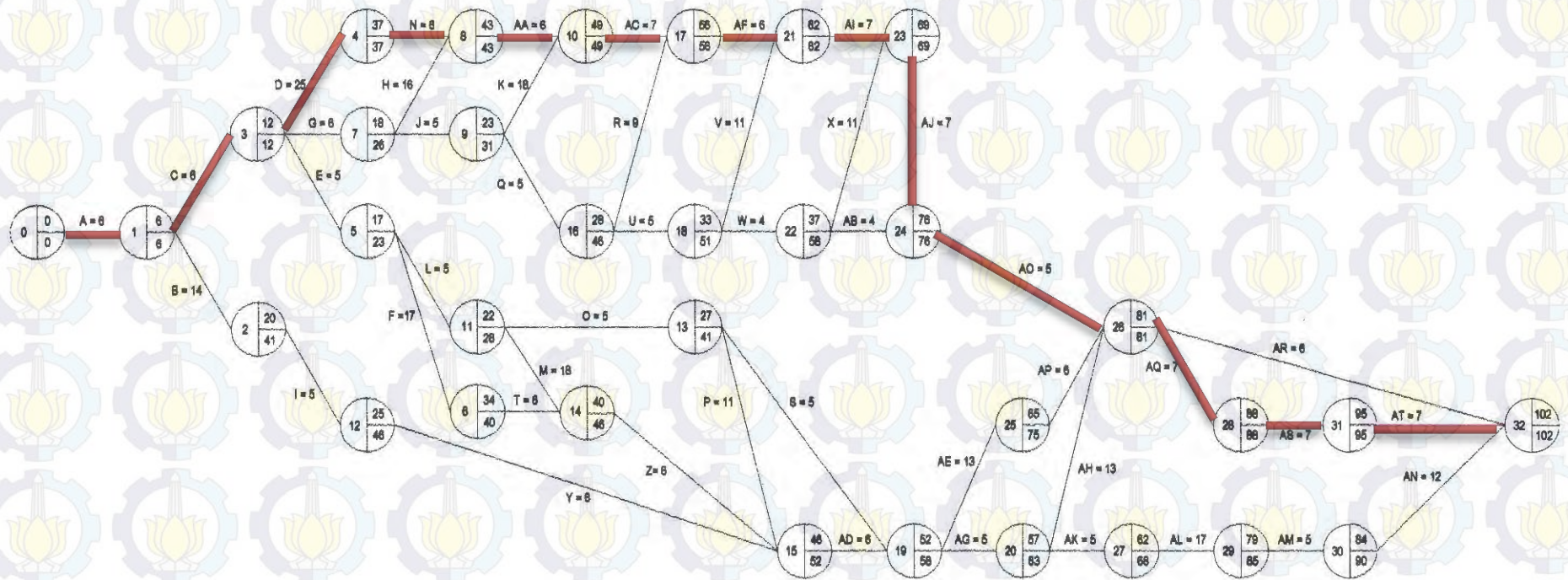
- ❖ Angka random paling banyak menunjukkan durasi selama 94 hari pengerjaan.
- ❖ Untuk keseluruhan total pengerjaan pembangunan *Landing Craft Utiliy* pada bagian *Hull Construction*, percepatan menjadi **99 hari** tingkat keyakinannya sebesar **100%**, **94 hari** tingkat keyakinannya hingga sebesar **60%**, dan untuk percepatan menjadi **90 hari** tingkat keyakinannya hanya sebesar **3%**.

KESIMPULAN

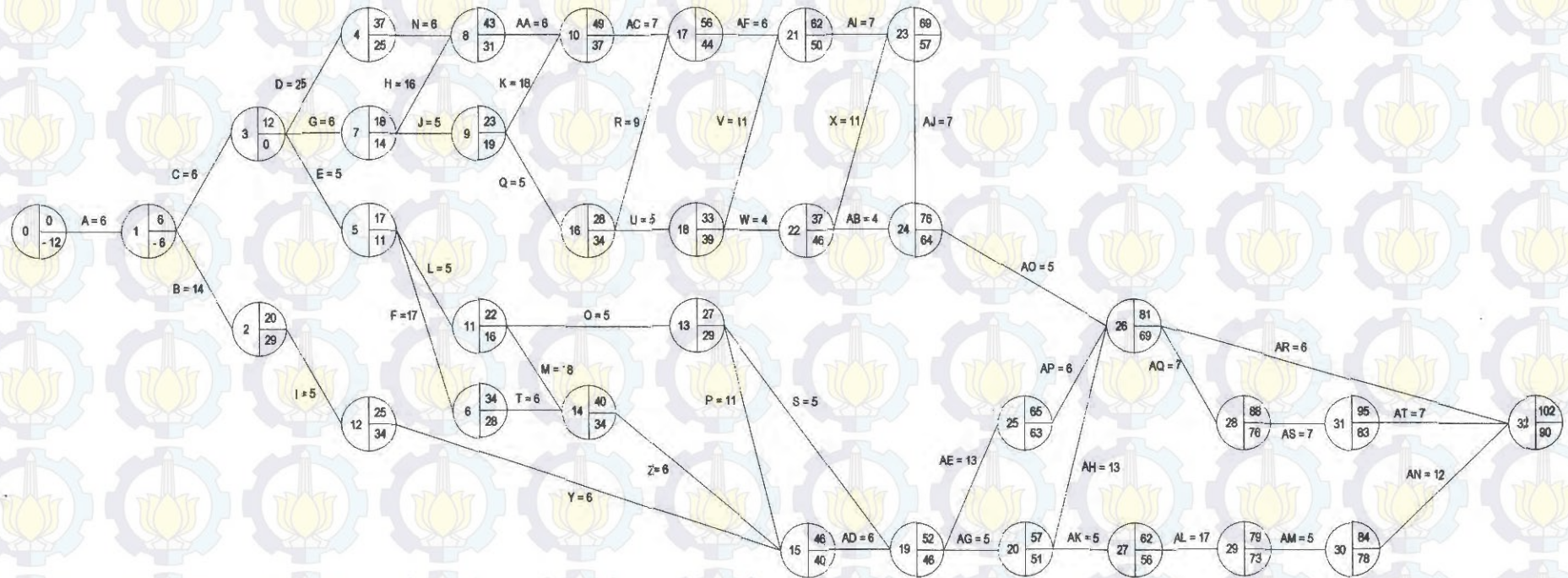
Berdasarkan hasil durasi percepatan tersebut, dapat pula dianalisa mengenai pengaruh percepatan waktu terhadap tenaga kerja dan biaya. Berikut ini biaya yang harus ditambah dengan adanya percepatan durasi diantaranya adalah sebagai berikut:

- ❖ Biaya tenaga kerja sebelum percepatan = Rp 276.950.000,-
 - ❖ Biaya tenaga kerja setelah percepatan = Rp 304.250.000,-
 - ❖ Biaya penambahan = **Rp 27.300.000,-**
 - ❖ Biaya penambahan sebesar Rp 27.300.000,- ini adalah sekitar 9,8% dari keseluruhan biaya total pengerjaan.
- Sehingga biaya yang harus dikeluarkan dengan adanya percepatan adalah sebesar = **Rp 304.250.000,-**

Network Planning Durasi Awal



Network Planning Percepat 12 hari



Network Planning Durasi Baru

